



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Manresa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TREBALL FI DE GRAU

**TÍTOL: PROJECTE DE CLIMATITZACIÓ D'UN COMPLEX
D'OFICINES**

AUTOR: Joel Brugués Valledepaz

TITULACIÓ: Grau en Enginyeria Mecànica

**UNIVERSITAT: Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de
Manresa**

DIRECTOR: Jordi Vives Costa

DEPARTAMENT: Màquines i Motors Tèrmics

DATA: Juny de 2014

AGRAÏMENTS

En aquest punt, m'agradaria donar les gràcies a totes les persones que han col·laborat i m'han aconsellat durant la realització d'aquest treball.

En primer lloc voldria agrair a l'empresa Airplan S.A. que m'hagi donat l'opció de realitzar aquest projecte. No només m'ha permès treballar contínuament sobre les possibles instal·lacions a duir a terme sino que m'han posat totes les facilitats possibles per la realització d'aquest projecte.

Seguidament, voldria expressar la meva gratitud al Sr. Manel Xaus, mentor i company de feina que m'ha aconsellat en tot moment sobre els aspectes tècnics del present projecte. La gran quantitat d'hores invertides en explicacions i recomanacions es mereixen la meva gratitud.

En segon lloc m'agradaria donar les gràcies per la col·laboració rebuda per part del responsable tècnic del meu treball fi de grau, el Sr. Jordi Ferreiro el qual m'ha brindat l'ocasió de formar-me en el camp de la mecànica de fluids i m'ha facilitat documentació tècnica essencial per la realització del meu projecte.

També voldria donar les gràcies al director del meu treball fi de grau, el professor Jordi Vives del departament de màquines i motors tèrmics, el qual m'ha guiat en tot moment durant la realització d'aquest treball.

I finalment no puc oblidar agrair als meus familiars i amics pel seu suport moral al llarg d'aquest projecte el qual m'ha portat a finalitzar una etapa universitària plena d'experiències que espero que fagin de mi un bon enginyer.

PROJECT SUMMARY

The objective of this final degree project is to study the thermic requirements of an office complex with 1470 square meters of surface and select the best installation in order to satisfy the demand of the building.

The calculation of the building thermal loads will consider the internal loads and the external loads caused by the solar radiation. The presence of people, computers or lighting will be considered as a heat contribution.

In order to find the best solution for the building, three different systems will be technically compared and evaluated in different ways like the cost of the building, the degree of confort achieved with the installation or the sound pressure caused by the systems. Each point evaluated in the comparison will have their own punctuation and percentage and the result of this study will define which is the system that best fits in the requirements of the office complex. Once the system is selected, the installation will be sized and calculated taking into account some important parameters like the pressure drop of the pipes, the maximum velocity allowed by the regulations or the sound pressure level marked by the RITE.

Finally for better understanding of the installation and as a support of the calculation, a group of drawings of the water pipes and air ducts will be given.

ÍNDEX

1. MEMÒRIA.....	1
1.1- Sol·licitant i direcció.....	1
1.2- Objectiu del projecte.....	1
1.3- L'empresa.....	1
1.3.1- Ubicació de la nau.....	1
1.3.2- Descripció de l'edifici.....	1
1.3.3- Horari de funcionament.....	3
1.3.4- Tancaments.....	4
1.4- Normativa.....	5
1.4.1- Normatives aplicables.....	5
1.4.1.1- Cabal de ventilació.....	5
1.4.1.2- Filtració de l'aire exterior.....	6
1.4.1.3- Extracció de l'aire.....	7
1.4.1.4- Aïllament tèrmic dels tubs.....	7
1.5- Condicions tèrmiques exteriors i interiors de càlcul.....	8
1.6- Mètode per la determinació de les càrregues tèrmiques de l'edifici.....	8
1.7- Sistemes de climatització.....	15
1.7.1- SISTEMA 1: Climatització mitjançant fan-coils a dos tubs i climatitzadors.....	16
1.7.2- SISTEMA 2: Climatització mitjançant fan-coils a quatre tubs i climatitzadors.....	20
1.7.3- SISTEMA 3: Climatització mitjançant bigues fredes.....	22
1.8- Críters de valoració.....	25
2. CÀLCUL DE LES CÀRREGUES TÈRMiques DE L'EDIFICI.....	34
2.1- Refrigeració.....	35
2.2- Calefacció.....	50
3- CÀLCUL I SELECCIÓ DELS EQUIPS DE CADA SISTEMA.....	56
3.1- Sistema 1: Climatització mitjançant fancoils a 2 tubs i climatitzadors.....	56
3.1.1- Selecció dels fan-coils	56
3.1.2- Selecció del climatitzador de la zona central.....	61
3.1.3- Selecció dels difusors del climatitzador central.....	64
3.1.4- Selecció de les reixes d'extracció del climatitzador central.....	66
3.1.5- Selecció del climatitzador de les sales de visites i de la sala de juntes.....	67
3.1.6- Selecció dels difusors del climatitzador de les sales de visites i de la sala de juntes.....	68
3.1.7- Selecció de les reixes d'extracció del climatitzador de les sales de visites i de la sala de juntes.....	69
3.1.8- Selecció de les boques d'extracció.....	70
3.1.9- Selecció de la unitat de pretractament d'aire (UPA).....	71
3.1.10- Selecció de la bomba de calor.....	71
3.2- Sistema 2: Climatització mitjançant fancoils a 4 tubs i comportes de cabal variable.....	72
3.2.1- Selecció dels fan-coils	72
3.2.2- Selecció dels climatitzadors.....	75
3.2.3- Selecció dels difusors dels climatitzadors central i de visites.....	75
3.2.4- Selecció de les reixes d'extracció.....	75
3.2.5- Selecció de les boques d'extracció.....	76

3.2.6- Selecció de la unitat de pretractament de l'aire.....	76
3.2.7- Selecció de la bomba de calor.....	76
3.3- Sistema 3: Climatització mitjançant bigues fredes.....	76
3.3.1- Selecció de les vigues fredes	76
3.3.2- Selecció de la DOAS (Dedicated Outside Air System).....	80
3.3.3- Selecció de les boques d'extracció.....	81
4- CONSUM ENERGÈTIC DE CADA SISTEMA.....	81
4.1- Consum energètic del sistema 1.....	82
4.2- Consum energètic del sistema 2.....	86
4.3- Consum energètic del sistema 3.....	90
4.4- Comparativa dels consums energètics.....	92
5- DIMENSIONAMENT I DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA ESCOLLIT.....	93
5.1- Dimensionament de les canonades d'aigua.....	93
5.2- Dimensionament de les canonades d'aire.....	99
5.3- Plànols de distribució de les canonades d'aigua.....	106
5.4- Plànols de distribució dels conductes d'aire.....	107
6- PRESSUPOST FINAL DEL SISTEMA ESCOLLIT.....	109
7- CONCLUSIONS.....	110
8- GRÀFICS.....	111
Gràfic 1: Gràfic psicromètric per calcular les càrregues tèrmiques per ventilació.....	111
Gràfic 2: Gràfic psicromètric per la selecció del climatitzador de la zona central.....	112
Gràfic 3: Gràfic psicromètric per la selecció del climatitzador de les sales de visites i la sala de juntes.....	113
Gràfic 4: Gràfic psicromètric per la Selecció de la unitat de pretractament d'aire dels fan-coils	114
Gràfic 5: Gràfic de conversió del nivell de potència sonora a nivell de pressió sonora.....	115
Gràfic 6: Gràfic psicromètric per la selecció de la DOAS de les bigues fredes.....	116
Gràfic 7: Gràfic per la selecció de les boques d'extracció LVS de TROX.....	117
9- PLÀNOLS.....	117
Plànol 1: Distribució de Sales de la planta baixa.....	118
Plànol 2: Distribució de sales de la primera planta.....	119
Plànol 3: Distribució de canonades d'aigua al terrat.....	120
Plànol 4: Distribució de canonades d'aigua a la primera planta.....	121
Plànol 5: Distribució de canonades d'aigua a la planta baixa.....	122
Plànol 6: Esquema de principi de les canonades d'aigua.....	123
Plànol 7: Distribució dels conductes d'impulsió i de retorn de l'aire al terrat.....	124
Plànol 8: Distribució dels conductes d'impulsió de l'aire dels fan-coils a la primera planta.....	125
Plànol 9: Distribució dels conductes d'impulsió de l'aire dels fan-coils a la planta baixa.....	126
Plànol 10: Distribució dels conductes d'impulsió de l'aire dels climatitzadors a la primera planta.	127
Plànol 11: Distribució dels conductes de retorn i d'extracció de l'aire de la primera planta.....	128

Plànol 12: Esquema de principi dels conductes d'impulsió i retorn del climatitzador central....	129
Plànol 13: Esquema de principi dels conductes d'impulsió i retorn del climatitzador de les sales de visites i de la sala de juntes.....	130
Plànol 14: Esquema de principi dels conductes d'impulsió dels fan-coils.....	131
10- ANNEXES.....	132
Annex 1: RITE (condicions de confort interior).....	132
Annex 2: Reglament d'instal·lacions de calefacció, climatització i aigua sanitària. (Apartat:IT.IC.05.6 - Normes generals de càlcul).....	133
Annex 3: Directiva 96/62/CE sobre la gestió de la qualitat de l'aire.....	134
Annex 4: Reial Decret 102/2011 referent a la millora de la qualitat de l'aire.....	135
Annex 5: Taula de temperatures de Barcelona (ASHRAE Fundamentals 2013)	136
Annex 6: Formules per al càlcul de carregues (ASHRAE Fundamentals 1981).....	137
Annex 7: Informe resum programa HAP 4.8 de Carrier.....	139
Annex 8: Fitxa tècnica casets Carrier 2T i 4T.....	140
Annex 9: Fitxa tècnica casets Systemair 2T i 4T.....	141
Annex 10: Fitxa tècnica difusors TROX VDW.....	142
Annex 11: Fitxa tècnica reixes d'extracció TROX AR.....	143
Annex 12: Equació de càlcul de la pressió acústica segons ASHRAE.....	144
Annex 13: Taula amb entalpies dels ° dia.....	145
Annex 14: Fitxa tècnica bomba de calor Climaveneta 2T.....	146
Annex 15: Fitxa tècnica bomba de calor Climaveneta 4T.....	147
Annex 16: Gràfica de Moody.....	148
Annex 17: Equacions de correcció de Flamant.....	149
Annex 18: Taules de càlcul per la pèrdua de càrrega dels accessoris segons ASHRAE	150
11- BIBLIOGRAFIA.....	151

ÍNDEX DE TAULES

- Taula 1: Taula de sales de l'edifici
- Taula 2: Càrregues tèrmiques per refrigeració
- Taula 3: Càrregues tèrmiques per calefacció
- Taula 4: Càrregues tèrmiques calculades amb el HAP4.8
- Taula 5: Taula comparativa de resultats
- Taula 6: Diferència de temperatura de càrrega de fred per al càlcul de càrregues de fred per parets il·luminades pel sol
- Taula 7: CLTD Correccions per latitud i mes, aplicades a parets i sostres, latitud Nord
- Taula 8: Factor del màxim guany solar
- Taula 9: Factor de càrrega per refrigeració en vidres sense cortines
- Taula 10: Factor d'ombra
- Taula 11: Diferències de temperatura per al càlcul de càrregues de fred en sostres plans
- Taula 12: Calor aportat en funció de les activitats realitzades
- Taula 13: Factor de càrrega de refredament quan les llums estan enceses 12 hores
- Taula 14: Càlcul sala per sala de la càrrega de refrigeració total
- Taula 15: Càlcul sala per sala de la càrrega de calefacció total
- Taula 16: Cassetts Carrier seleccionats
- Taula 17: Pressió sonora total per sala
- Taula 18: Cassetts Systemair del model Syscassette
- Taula 19: Cassetts Systemair seleccionats
- Taula 20: Sales del climatitzador central
- Taula 21: Difusors TROX VDW
- Taula 22: Selecció dels difusors pel climatitzador central
- Taula 23: Pressió sonora total per sala
- Taula 24: Reixes d'extracció TROX AR
- Taula 25: Selecció de les reixes d'extracció per sala
- Taula 26: Climatitzador sales visites i juntes
- Taula 27: Selecció dels difusors pel climatitzador de les sales de visites + juntes
- Taula 28: Pressió sonora total provocada pels difusors a les sales de visites
- Taula 29: Pressió sonora total provocada per les reixes a les sales de visites
- Taula 30: Boques d'extracció per sala
- Taula 31: Cassetts Carrier del model 42GWD
- Taula 32: Cassetts Carrier 42 GWD seleccionats
- Taula 33: Pressió sonora total provocada pels cassetts a cada sala
- Taula 34: Cassetts Systemair del model Syscassette
- Taula 35: Cassetts Systemair seleccionats
- Taula 36: Bigues fredes TROX DID632
- Taula 37: Diferència de nivells sonors per volum de sala
- Taula 38: Diferència de nivells sonors per volum de sala
- Taula 39: Pressió sonora total provocada per les bigues a cada sala
- Taula 40: Boques d'extracció per sala
- Taula 41: Dades Acer DIN 2440-2448
- Taula 42: Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat de les canonades d'impulsió per

refrigeració

- Taula 43: Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat de les canonades de retorn per refrigeració
- Taula 44: Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat de les canonades d'impulsió per calefacció
- Taula 45: Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat de les canonades de retorn per calefacció
- Taula 46: Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat dels conductes d'impulsió de la UPA
- Taula 47: Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat dels conductes d'impulsió del climatitzador de les sales de visites
- Taula 48: Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat dels conductes d'impulsió del climatitzador central
- Taula 49: Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat dels conductes de retorn del climatitzador de les sales de visites
- Taula 50: Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat dels conductes de retorn del climatitzador central
- Taula 51: Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat dels conductes de les boques d'extracció

ÍNDEX D'IMATGES

- Imatge 1: Empresa Airplan S.A
- Imatge 2: Productes de l'empresa
- Imatge 3: Esquema de la incidència solar durant el dia
- Imatge 4: Sistema fan-coils 2 tubs amb ventilació directa
- Imatge 5: Sistema fan-coils 2 tubs amb aire provinent d'una UPA
- Imatge 6: Climatitzador amb difusió mitjançant difusor
- Imatge 7: Exemple de biga freda activa
- Imatge 8: Sistema per bigues fredes actives
- Imatge 9: Esquema de funcionament de les bigues fredes
- Imatge 10: Vista en planta de la sala 1
- Imatge 11: Casset Carrier 42GW
- Imatge 12: Esquema de fluxos d'un climatitzador
- Imatge 13: Difusor TROX VDW
- Imatge 14: Boca d'extracció TROX LVS
- Imatge 15: Coeficient C per colzes de 90º
- Imatge 16: Elements de control del casset
- Imatge 17: Equilibratge mitjançant comportes de regulació

1. MEMÒRIA

1.1- Sol·licitant i direcció

Sol·licitant: Airplan S.A.

Edifici: Complex d'oficines d'Airplan S.A.

Direcció: C/ Vallcebre 13-19

Sant Fruitós de Bages (Barcelona), 08272

1.2- Objectiu del projecte

L'objectiu principal d'aquest projecte consisteix en determinar les necessitats tèrmiques d'un complex d'oficines de 1470 metres quadrats d'una indústria de serveis així com l'estudi de les diferents alternatives per satisfer aquesta demanda. El projecte contempla l'elecció de la millor alternativa en funció d'uns criteris de valoració i el disseny i la implantació d'aquesta. Aquest estudi es recolzarà amb els càlculs pertinents i la realització del dimensionament més òptim tenint en compte les pèrdues de càrrega i els càlculs acústics per millorar el confort del personal de l'oficina. Conjuntament al projecte escrit i de càlcul, es realitzaran una sèrie de plànols vists en planta de la distribució de les canonades d'aire i aigua així com una sèrie d'esquemes de principi. Finalment es farà un pressupost final de la instal·lació valorant les millors ofertes dels proveïdors.

1.3- L'empresa

1.3.1- Ubicació de la nau

L'edifici objecte del present projecte es troba situat al carrer Vallcebre 13-19 a Sant Fruitós de Bages (Barcelona).



(Imatge 1: Empresa Airplan S.A.)

1.3.2- Descripció de l'edifici

L'empresa Airplan S.A. es va fundar l'any 1968 com una unió entre l'empresa alemanya LTG Lufttechnische GmbH i un grup d'inversió espanyol dirigit pel Dr. Enginyer Andreu Ferrer. En els seus inicis es centrava en les solucions de tractament d'aire per la indústria, d'aquí el logotip de l'empresa, que representa un ventilador axial. Posteriorment ha anat incrementant la seva oferta

de solucions més enllà del tractament d'aire i s'ha obert un ventall de negoci en les instal·lacions del sector farmacèutic. Actualment, segueix oferint sistemes de climatització industrials com les instal·lacions de tractament d'aire, extracció de pols, cabines de pesades i mòduls de flux laminar però s'ha obert un nou camí en la instal·lació de sales blanques i les instal·lacions clau en ma. Airplan S.A. ofereix la instal·lació de qualsevol servei que pugui necessitar una indústria farmacèutica com pugui ser aigua purificada, aigua sanitària, vapor net, vapor industrial i d'altres. En els darrers 8 anys, ha obert una nova branca de l'empresa centrada en les màquines de procés que utilitzen les indústries farmacèutiques com puguin ser reactors de cremes, assecadors de lecho fluido i tancs. A continuació es mostra una imatge de les ofertes en el sector de procés que ofereix l'empresa:



(Imatge 2: Productes de l'empresa)

L'edifici actual consta de dos plantes:

La planta baixa està destinada al taller mecànic que és on es realitza part de la construcció de les instal·lacions fetes per l'empresa. Aquesta planta està dividida en diverses zones on es construeixen, embalen i emmagatzemen els materials. Es destina una zona a la soldadura inoxidable, una altra zona al taller de xapa, una altra a la construcció de conductes circulars spiro, una al forrat de conductes i una a l'emmagatzematge. Altrament, també es destina una zona de l'empresa a l'assemblatge dels equips de procés.

A la segona planta hi trobem les oficines actuals, que ocupen el sector Sud-Est de la planta. L'objectiu es incrementar les oficines utilitzant tot l'espai de la primera planta que actualment es destina a emmagatzemar materials. Als plànols 1 i 2 situats a l'apartat de plànols, podem veure la distribució planificada per aquesta reforma. A continuació mostrem un llistat on s'indiquen les superfícies de la zona d'oficines que és la que es climatitzarà en aquest projecte:

Taula 1: Taula de sales de l'edifici

PLANTA BAIXA	nº Sala	Superfície [m2]	nº Persones	Orientació
Oficines TER	39	85,50	3	SO
Despatx FAT	40	16,40	1	SO
PLANTA 1	nº Sala	Superfície [m2]	nº Persones	Orientació
Oficines Departament Comercial	1	51,55	6	SO/SE
Oficines Departament Enginyeria, Compres i Administració	2	213,40	12	SE
Oficines Administració i Informàtica	3	37,70	3	SE/NE
Despatx Director d'Enginyeria	4	17,50	1	Interior
Lavabo Homes	5	10,06	0	Interior
Lavabo Dones	6	7,27	0	Interior
Servidors	7 (no climat.)	-	-	Interior
Rebedor	8	47,00	1	Interior
Despatx Administració	9	14,18	1	Interior
Despatx Director d'Administració i Compres	10	14,70	1	Interior
Despatx Administració i Informàtica	11	17,18	1	Interior
Despatx Comercial	12	11,50	1	Interior
Despatx Comercial	13	11,70	1	Interior
Despatx Comercial	14	11,70	1	Interior
Despatx Comercial	15	11,70	1	Interior
Sala Impressores	16	11,80	0	Interior
Magatzem	17	11,30	0	Interior
Lavabo Visites	18	6,40	0	Interior
Màquina Munta Càrregues	19 (no climat.)	-	-	Interior
Munta Càrregues	20 (no climat.)	-	-	Interior
Sala Formació i Cafeteria	21	74,80	3	Interior
Sala Plàtica	22	37,00	3	Interior
Sala Visites 4	23	7,00	2	Interior
Sala Visites 5	24	7,00	2	Interior
Sala Visites 3	25	14,90	2	Interior
Sala Visites 1	26	7,00	2	Interior
Sala Visites 2	27	7,00	2	Interior
Sala Junes	28	30,40	0	Interior
Despatx Director Comercial	29	15,80	1	SO/SE
Despatx Director CDA	30	16,60	1	SO
Despatx Director Marketing	31	15,90	1	SO
Despatx Director Instal·lacions	32	15,70	1	SO
Escala	33	27	0	SO/NO
Passadís	34	96,50	0	Interior
Sala Oficines + Biblioteca + Arxiu	35	401,80	22	NO
Despatx Director Procés	36	13,2	1	SE/NE
Despatx Director Control de Qualitat	37	13,40	1	NE
Oficines Procés i Control de Qualitat	38	60,9	7	NE/NO
TOTAL:		1470,44 m2	85	

1.3.3- Horari de funcionament

L'empresa té diversos horaris de funcionament depenent del departament que es tracti, però l'horari habitual de les oficines es de les 7:30 hores a les 17:15 hores. Tot i així, com que hi ha departaments que comencen abans i d'altres que comencen mes tard, s'ha definit un horari pel

càlcul que va des de les 7:00 hores fins les 19:00 hores. Aquest horari de funcionament de la instal·lació de climatització es donarà de dilluns a dijous i els divendres es realitzarà de les 7:00 a les 14:00 hores, sent festius els caps de setmana.

La temporada de calefacció comença l'1 de Novembre i acaba el 31 d'Abril, és a dir, 6 mesos a l'any. Pel que fa a la temporada de refrigeració comença l'1 de Maig i acaba el 31 de Setembre. Ambdós casos poden ser modificats per les condicions climàtiques en les que ens trobem, en funció de l'ocupació de l'empresa i en funció del tipus d'instal·lació que es realitzi, fent possible una climatització i una refrigeració alhora quan sigui necessari.

1.3.4- Tancaments

Per al càlcul de les càrregues tèrmiques de l'edifici, els tancaments son el factor més important i depenent de les característiques dels materials utilitzats es tindrà un millor o pitjor aïllament tèrmic. L'edifici actual consta d'un tipus de paret exterior comuna per tota la construcció, una sèrie d'envans interiors del mateix material, un sostre de formigó amb grava, una sèrie de finestres amb el mateix tipus de vidre i 11 claraboies. A continuació es farà una descripció detallada dels tancaments on s'especificarà quins son els materials que els conformen.

- Paret exterior:

Capes	Gruix (mm)	Densitat (Kg/m3)	Calor específic (KJ/Kg/K)	Valor R (m2·K/W)	Pes (Kg/m2)
Formigó	150	640,70	0,84	0,85513	94,80
Aire	100	0,00	0,00	0,16026	0,00
Aïllant RSI-1.2	14	32,00	0,92	0,67409	0,40
Totxo	100	2002,30	0,92	0,07504	200,40
Guix	10	800,90	1,09	0,06213	8,00
TOTAL:	374	---	---	2,01000	303,50

Coefficient de transmissió:	0,499	W/m2/K
------------------------------------	--------------	---------------

- Envà separador dels despatxos del taller:

Capes	Gruix (mm)	Densitat (Kg/m3)	Calor específic (KJ/Kg/K)	Valor R (m2·K/W)	Pes (Kg/m2)
Alumini	1	7833,00	0,50	0,00002	7,80
Aïllant RSI-2.3	100	8,00	0,84	0,95557	0,30
Aire	14	0,00	0,00	0,10684	0,00
Alumini	100	7833,00	0,50	0,00002	7,80
TOTAL:	374	---	---	1,24000	16,00

Coefficient de transmissió:	0,805	W/m2/K
------------------------------------	--------------	---------------

- Sostre:

Capes	Gruix (mm)	Densitat (Kg/m3)	Calor específic (KJ/Kg/K)	Valor R (m2K/W)	Pes (Kg/m2)
Coberta d'acer	1	7833	0,5	0,00002	7,8
Junta aïllant	35	32	0,92	1,68522	1,1
Teulada	22	1121,3	1,47	0,13523	24,7
TOTAL:	58	---	---	2	33,6

Coeficient de transmissió:	0,5W/m2/K
-----------------------------------	------------------

- Finestres: Totes les finestres tot i tenir diferents mides, estan formades per doble vidre amb una cambra d'aire entre aquests.

Capes	Gruix (mm)	Transmissivitat	Reflectivitat	Absorció
Marc	9	---	---	---
Vidre 1	3	0,841	0,078	0,081
Aire	6	---	---	---
Vidre 2	3	0,841	0,078	0,081

Coeficient de transmissió:	2,7W/m2/K
Coeficient global d'ombra:	0,43

- Claraboies: Les claraboies estan construïdes amb un polimetacrilat de metil que li ofereix un coeficient de transmissió de 0,92 W/m2/K amb un coeficient global d'ombra de 0,43.

1.4- Normativa

1.4.1- Normatives aplicables

La instal·lació de climatització haurà de complir amb les condicions i requisits exigits per les normatives vigents:

- Reial decret 1027/2007, del 20 de Juliol, pel qual s'aprova el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis (RITE) (Annex 1) i les seves Instruccions Tècniques Complementàries.
- Ordre Municipal de l'ajuntament de Sant Fruitós de Bages sobre les condicions tècniques d'establiments de pública concurrència.
- Reglament electrotècnic de baixa tensió (REBT) i les seves instruccions tècniques complementaries ITC BT. Reial Decret 842/2002 del 2 d'Agost. (BOE nº: 224 del 18/09/2002).
- Norma IT.IC.05.6 (Càlcul canonades d'aigua) (Annex 2).
- Directiva 96/62/CE sobre la gestió de la qualitat de l'aire (Annex 3)
- Reial Decret 102/2011 referent a la millora de la qualitat de l'aire (Annex 4)

1.4.1.1- Cabal de ventilació

La regulació de la quantitat màxima i mínima d'aire de l'exterior que han de tenir els locals en

funció del seu ús i del personal que l'ocupa ve determinada pel RITE. El punt IT 1.1.4.2.3 estableix que el cabal mínim de ventilació d'aire exterior per persona ha de ser el següent:

Categoria	dm³/s per persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

El RITE defineix segons el tipus d'edificació quin cabal d'aire s'ha d'aportar. Al punt IT 1.1.4.2.2 defineix qui ha de complir cada tipus de IDA:

- IDA 1 (Aire d'òptima qualitat): Hospitals, laboratoris, clíniques i guarderies.
- IDA 2 (Aire de bona qualitat): Oficines, residències, sales de lectura, museus, sales de tribunals, aules d'ensenyament i piscines.
- IDA 3 (Aire de qualitat mitja): edificis comercials, cines, teatres, sales d'actes, habitacions d'hotels i similars, restaurants, cafeteries, bars, sales de festa, gimnasos, locals per a l'esport i sales d'ordinadors.
- IDA 4 (Aire de qualitat baixa)

En el cas d'un edifici d'oficines la normativa a complir correspon a la IDA 2.

$$\cdot \text{IDA2} \rightarrow \text{Cabal d'aire} = 12,5 \text{ dm}^3/\text{s/persona} = 45 \text{ m}^3/\text{h/persona}$$

1.4.1.2- Filtració de l'aire exterior

L'aire de ventilació s'introdueix a l'edifici degudament filtrat segons marca el RITE a l'apartat I.T.1.1.4.2.4.

	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F6
ODA 2	F7/F9	F8	F7	F6
ODA 3	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 4	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 5	F6/GF/F9 (*)	F6/GF/F9 (*)	F6/F7	G4/F6

(*) S'haurà de preveure la instal·lació amb un filtre de gas o un filtre químic (GF) situat entre les dos etapes de la filtració.

- ODA 1: aire pur que pot contenir partícules sòlides (exemple: pol·len) de forma temporal.
- ODA 2: aire amb altes concentracions de partícules.
- ODA 3: aire amb altes concentracions de contaminants gasosos.
- ODA 4: aire amb altes concentracions de contaminants gasosos i partícules.

- ODA 5: aire amb concentracions molt altes de contaminants gasosos i partícules.

Es considera que en un complex d'oficines el nivell de qualitat de l'aire exterior ha complir la de la ODA 1. L'aire filtrat a les oficines portarà un filtre previ F6 i un final F8.

1.4.1.3- Extracció de l'aire

En funció de l'ús de l'edifici o local, el RITE classifica l'aire d'extracció en les següents categories:

- AE 1 (Nivell baix de contaminació): aire que procedeix dels locals en els quals les emissions més importants de contaminants procedeixen dels materials de construcció i decoració, a més de les persones. Està exclòs l'aire que procedeix de locals on es permet fumar.

Estan inclosos en aquest apartat: oficines, aules de reunions, locals comercials sense emissions específiques, espais d'ús públic, escales i passadissos.

- AE 2 (moderat nivell de contaminació): aire de locals ocupats amb més contaminants que la categoria anterior, els quals a més no està prohibit fumar.

Estan inclosos en aquest apartat: restaurants, habitacions d'hotel, vestuaris, bars i magatzems.

- AE 3 (Alt nivell de contaminació): aire que procedeix de locals amb producció de productes químics, humitat, etc.

Estan inclosos en aquest apartat: lavabos, saunes, cuines, laboratoris químics impremtes, habitacions destinades a fumadors.

- AE 4 (molt alt nivell de contaminació): aire que conté substàncies oloroses i contaminants perjudicials per la salut en concentracions que superen les permeses en l'aire interior de la zona ocupada.

Estan inclosos en aquest apartat: extracció de campanes de fums, aparcaments, locals per manipulació de pintura, locals on es guarda llenceria bruta, locals on s'emmagatzemen residus de menjar, locals de fumadors d'ús continu i laboratoris químics.

En el cas actual, haurem de complir la categoria AE 1.

1.4.1.4- Aïllament tèrmic dels tubs

Segons l'apartat I.T.1.2.4.2.1 del RITE, es defineix que tots els tubs i accessoris, equips, aparells i dipòsits de la instal·lació tèrmica disposaran d'un aïllament tèrmic (espuma de poliuretà) quan continguin un fluid calent o fred.

Diàmetre exterior (mm)	Temperatura màxima del fluid (°C)		
	40...60	>60...100	>100...180
D≤35	35	35	40
35<D≤60	40	40	50
60<D≤90	40	40	50
90<D≤140	40	50	60

140<D	45	50	60
-------	----	----	----

En la instal·lació que s'estudiarà en aquest projecte el fluid més calent circularà a 50°C i haurem d'aplicar els gruixos de la primera columna.

1.5- Condicions tèrmiques exteriors i interiors de càlcul

Per realitzar el càlcul de les càrregues tèrmiques a las quals ha de fer front la instal·lació, s'ha de saber quines seran les condicions exteriors. Segons l'associació ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) les temperatures exteriors de Barcelona son les següents:

- Temperatura màxima a l'estiu: 30,2°C amb 65% d'humitat.
- Temperatura mínima a l'hivern: 1,2°C amb 85% d'humitat.

(La taula corresponent a aquestes dades la podem trobar a l'annex 5)

Tot i així, la ubicació del present complex d'oficines no serà a Barcelona si no que serà a Sant Fruitós de Bages, pel qual s'han variat les dades i s'han utilitzat les següents:

- Temperatura màxima a l'estiu: 34°C amb 66% d'humitat.
- Temperatura mínima a l'hivern: -3°C amb 85% d'humitat.

Les condicions tèrmiques interiors que estableix el reglament d'instal·lacions tèrmiques dels edificis, RITE (Annex 1) a l'apartat 1.4.1.1 son les següents:

Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño		
Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

En el cas estudiat, s'ha considerat que les temperatures interiors per oferir el millor confort possible seran les següents:

- Temperatura màxima a l'estiu: 24°C amb 55% d'humitat.
- Temperatura mínima a l'hivern: 22°C amb 55% d'humitat.

1.6- Mètode per la determinació de les càrregues tèrmiques de l'edifici

Per obtenir les càrregues tèrmiques que haurem de combatre a l'edifici s'han utilitzat les formules facilitades per l'ASHRAE Fundamentals 1981 (Annex 6). Es mostren a continuació:

Càrregues externes:

Càrrega	Equació	Referència
SOSTRE	$Q=S \cdot K \cdot DTCF$	S = Superfície K = Coeficient global de transmissió DTCF = Diferència de temperatures
PARETS	$Q=S \cdot K \cdot DTCF$	S = Superfície K = Coeficient global de transmissió DTCF = Diferència de temperatures
VIDRES I CLARABOIES (Solar)	$Q=S \cdot MGS \cdot FC \cdot FS$	S = Superfície MGS = Màxim Guany Solar
VIDRES I CLARABOIES (Conducció)	$Q=S \cdot K \cdot DTCF$	S = Superfície K = Coeficient global de transmissió DTCF = Diferència de temperatures
TERRA	$Q=S \cdot K \cdot DT$	S = Superfície K = Coeficient global de transmissió DT = Diferència de temperatures

Càrregues internes:

Càrrega	Ecuació	Referència
IL·LUMINACIÓ	$Q=W \cdot FC$	W = Potència instal·lada FC = Factor de càrrega
OCUPACIÓ (Sensible)	$Q=N \cdot Q_{sens} \cdot FC$	N = nº d'ocupants Q_{sens} = Calor sensible FC = Factor de càrrega
OCUPACIÓ (Latent)	$Q=N \cdot Q_{latent}$	N = nº d'ocupants Q_{latent} = Calor latent
INSTRUMENTACIÓ (Sensible)	$Q=Q_{sens} \cdot FC$	Q_{sens} = Calor sensible FC = Factor de càrrega
INSTRUMENTACIÓ (Latent)	$Q=Q_{latent}$	Q_{latent} = Calor latent
MOTORS	$Q=W \cdot FC$	W = Potència absorbida FC Factor de càrrega
VENTILACIÓ (Sensible)	$Q=\rho \cdot q \cdot \Delta T \cdot C_e$	ρ = Densitat aire q = Cabal d'aire ΔT = Diferència de temperatures C_e = Calor específic de l'aire
VENTILACIÓ (Latent)	$Q=\rho \cdot q \cdot C_{aigua} \cdot \Delta w$	ρ = Densitat aire q = Cabal d'aire C_{aigua} = Calor vaporització de l'aigua Δw = Diferència d'humitats absolutes
VENTILACIÓ (Total)	$Q= \rho \cdot q \cdot \Delta J$	ρ = Densitat aire q = Cabal d'aire ΔJ = Diferència d'entalpies

Mitjançant aquestes formules s'han obtingut els següents resultats:

– Refrigeració:

Taula 2: Càrregues tèrmiques per refrigeració

nº Sala	REFRIGERACIÓ											Total sense ventilació [W]	TOTAL [W]
	Parets	Ventilació	Vidres	Ocupació	Il·luminació	Màquines	Terra	Sostre	Claraboies		Envà		
	Total [W]	Total [W]	Total [W]	Total [W]	[W]	[W]	[W]	[W]	Càrrega Conducció	Càrrega Solar	[W]		
1	234	3219	1621	669	835	1068	258	705			0	5390	8609
2	416	6437	2851	1339	3457	2448	1067	2919			0	14496	20933
3	189	1609	1186	335	611	534	189	516			0	3559	5168
4	0	536	0	112	284	178	88	239			0	900	1436
5	0	0	0	0	163	0	50	138			0	351	351
6	0	0	0	0	118	0	36	99			0	254	254
8	0	536	1791	112	761	178	235	643	213	1577	0	5511	6047
9	0	536	0	112	230	178	71	194			0	784	1321
10	0	536	0	112	238	178	74	201			0	802	1339
11	0	536	0	112	278	178	58	157			0	783	1319
12	0	536	0	112	186	178	58	157			0	691	1227
13	0	536	0	112	190	178	59	160			0	698	1234
14	0	536	0	112	190	178	59	160			0	698	1234
15	0	536	0	112	190	178	59	160			0	698	1234
16	0	0	0	0	191	89	59	161			0	501	501
17	0	0	0	0	183	0	57	155			0	394	394
18	0	0	0	0	104	0	32	88			0	223	223
21	0	1609	0	335	1212	534	374	1023			0	3478	5087
22	0	1609	0	335	599	0	185	506			0	1625	3234
23	0	1073	0	223	113	0	35	96			0	467	1540
24	0	1073	0	223	113	0	35	96			0	467	1540
25	0	1073	0	223	241	0	75	204			0	743	1816
26	0	1073	0	223	113	0	35	96			0	467	1540
27	0	1073	0	223	113	0	35	96			0	467	1540
28	0	0	0	0	492	223	152	416			0	1283	1283
29	147	536	419	112	256	178	79	216			0	1407	1943
30	67	536	335	112	269	178	83	227			0	1271	1807
31	37	536	587	112	258	178	80	217			0	1469	2005
32	65	536	292	112	254	178	79	215			0	1194	1731
33	180	0	1026	0	262	312	135	369			0	2284	2284
34	0	0	0	0	938	0	483	1320			0	2740	2740
35	245	11801	3338	2454	3905	3916	2009	5496	816	17685	0	39863	51664
36	91	536	409	112	214	178	66	181			0	1250	1786
37	42	536	192	112	217	178	67	183			0	991	1527
38	225	3755	1122	781	987	1246	305	833			0	5498	9253
39	157	1609	863	335	1385	846	428	1169			355	5536	7146
40	65	536	292	112	266	178	82	224			66	1285	1821
												111953	157561

Es comprova que un dels factors més perjudicials a l'hora de combatre les càrregues tèrmiques d'un edifici es la ventilació. En aquest cas, les càrregues tèrmiques sense tenir en compte la ventilació equivalen a 112 kW mentre que quan es té en compte la ventilació augmenten fins als 158 kW.

– Calefacció:

Taula 3: Càrregues tèrmiques per calefacció

CALEFACCIÓ									
nº Sala	Parets Total [W]	Ventilació Total [W]	Vidres Total [W]	Terra [W]	Sostre [W]	Claraboias Càrrega Conducció [W]	Envà [W]	TOTAL sense ventilació [W]	TOTAL [W]
1	361	3578	737	206	644		0	1949	5527
2	689	7155	1555	854	2668		0	5765	12920
3	347	1789	737	151	471		0	1707	3495
4	0	596	0	70	219		0	289	885
5	0	0	0	40	126		0	166	166
6	0	0	0	29	91		0	120	120
8	0	596	0	188	588	195	0	971	1567
9	0	596	0	57	177		0	234	830
10	0	596	0	59	184		0	243	839
11	0	596	0	69	215		0	283	880
12	0	596	0	46	144		0	190	786
13	0	596	0	47	146		0	193	789
14	0	596	0	47	146		0	193	789
15	0	596	0	47	146		0	193	789
16	0	0	0	47	148		0	195	195
17	0	0	0	45	141		0	186	186
18	0	0	0	26	80		0	106	106
21	0	1789	0	299	935		0	1234	3023
22	0	1789	0	148	463		0	611	2399
23	0	1193	0	28	88		0	116	1308
24	0	1193	0	28	88		0	116	1308
25	0	1193	0	60	186		0	246	1438
26	0	1193	0	28	88		0	116	1308
27	0	1193	0	28	88		0	116	1308
28	0	0	0	122	380		0	502	502
29	234	596	170	63	198		0	664	1261
30	100	596	136	66	208		0	510	1106
31	56	596	237	64	199		0	556	1152
32	97	596	118	63	196		0	475	1071
33	284	0	457	108	338		0	1186	1186
34	0	0	0	386	1206		0	1592	1592
35	405	13118	2104	1607	5023	745	0	9884	23001
36	128	596	267	53	165		0	613	1209
37	80	596	133	54	168		0	434	1031
38	422	4174	756	244	761		0	2184	6357
39	236	1789	349	342	1069		355	2350	4139
40	97	596	118	66	205		66	553	1149
								37830	88511

Pel que fa a la calefacció, si no es té en compte la ventilació s'han de combatre 38 kW mentre que quan es considera s'incrementa fins als 89 kW.

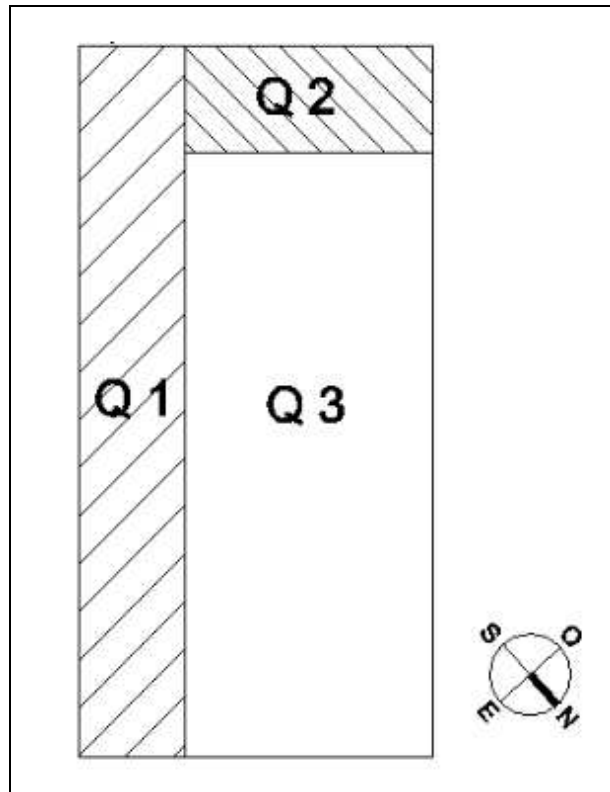
A l'apartat 2 del present projecte podem veure el desenvolupament del càlcul realitzat així com la seva explicació detallada.

S'ha de considerar, que les càrregues calculades tant per refrigeració com per calefacció s'han calculat utilitzant la màxima càrrega possible de cada sala el dia més perjudicial de l'any. Aquest dia més perjudicial es dona quan els rajos solars incideixen amb la màxima càrrega possible a la sala i això implica que cada sala depenent de la orientació tindrà el seu propi dia més perjudicial i pot ser que no coincideixi amb el d'una altra sala amb orientació diferent. Per tant, es impossible que la màxima càrrega solar de les sales orientades al nord es dongui el mateix dia que la de les sales orientades al sud. Per calcular quin es el dia de l'any en el qual la incidència del sol provoca les majors càrregues a l'edifici, s'utilitzarà un programa de càlcul anomenat HAP4.8 de Carrier. Aquest

programa te en compte el calendari solar i permet simular les càrregues tèrmiques d'un edifici en funció de la orientació i del lloc on estigui situat.

El programa HAP4.8 calcula quin serà el dia que hi ha més probabilitat que es produeixin les càrregues de refrigeració màximes i de la mateixa manera ho fa per les de calefacció.

La imatge 2 mostrada a continuació permet veure quines zones amb més incidència solar durant el dia.



(Imatge 3: Esquema de la incidència solar durant el dia)

- Q1 = Façana on la càrrega major és durant el matí.
- Q2 = Façana on la càrrega major és durant la tarda.
- Q3 = Zona interior on la càrrega és semblant durant tot el dia.

Un cop simulat el complex d'oficines amb el programa, obtenim els següents resultats:

Taula 4: Càrregues tèrmiques calculades amb el HAP4.8

CARRIER			
n° Sala	REFRIGERACIÓ		CALEFACCIÓ
	Sensible [W]	Latent [W]	Sensible [W]
1	4289	240	2098
2	13415	721	6184
3	2997	180	1857
4	860	60	303
5	357	0	175
6	258	0	127
8	2506	60	992
9	742	60	246
10	761	60	255
11	849	60	299
12	648	60	199
13	655	60	203
14	655	60	203
15	655	60	203
16	510	0	205
17	399	0	196
18	226	0	111
21	2996	180	1300
22	1471	180	642
23	358	120	121
24	358	120	121
25	636	120	259
26	358	120	121
27	358	120	121
28	1262	0	528
29	1247	60	721
30	1141	60	549
31	1329	60	601
32	1071	60	511
33	2414	0	1382
34	3411	0	1676
35	33102	1322	9926
36	1148	60	747
37	911	60	468
38	5324	421	2357
39	3556	180	1658
40	1045	60	566
Total	94275	4984	38232
Ventilació	19922	36759	26629
Total sense Ventilació	99259		38232
Total amb Ventilació	157190		74442

Aquests resultats, son les càrregues màxims sala per sala de l'edifici. Podem veure que els resultats del programa son molt semblants als obtinguts mitjançant el càlcul tradicional.

Pel que fa a la càrrega màxima el dia concret de l'any en el qual la incidència solar afecta en major grau a les sales, els resultats son els següents:

- Dia/dies mes perjudicial: a qualsevol dia de Juny a les 14:00 hores es dona la màxima incidència solar.
- Càrrega màxima de refrigeració sense ventilació = 95.554 W
- Càrrega màxima de refrigeració amb ventilació = 152.235 W
- Càrrega màxima de calefacció sense ventilació = 33.387 W
- Càrrega màxima de calefacció amb ventilació = 60016 W

S'ha de considerar, que el càlcul de les càrregues tèrmiques del dia més desfavorable de l'any s'ha calculat utilitzant recuperadors de calor als climatitzadors i a la UPA dels fan-coils. Aquest fet implica que la càrrega tèrmica final de calefacció serà inferior ja que amb l'extracció de les sales es climatitza l'aire provinent de l'exterior.

L'informe resultant d'aquesta simulació el podem veure a l'annex 7.

Si es fa una comparativa entre els resultats calculats tradicionalment i els resultats obtinguts amb el programa, s'obté la taula següent:

Taula 5: Taula comparativa de resultats

		CÀLCULS REALITZATS		PROGRAMA HAP4.8	
		Sense Ventilació	Amb ventilació	Sense Ventilació	Amb ventilació
REFRIGERACIÓ	Càrregues màximes sala a sala	111.952,68 W	157.560,69 W	99.259,63 W	157.190 W
	Càrregues màximes els dies de Juny a les 14:00h	(---)	(---)	95.554 W	152.235 W
CALEFACCIÓ	Càrregues màximes sala a sala	37.829,58 W	88.511,47 W	38.232 W	74.442 W

S'observa que els resultats son força semblants però no exactes. Això es deu a que el programa HAP4.8 realitza el càlcul de les càrregues tèrmiques utilitzant l'horari de feina de l'edifici estudiat. Això es deu a que les càrregues tèrmiques com siguin la il·luminació, l'equipament elèctric o les càrregues solars tenen un efecte retardat en l'edifici, no generen la càrrega tèrmica a l'instant si no que es genera una inèrcia tèrmica en l'edifici. Això implica que l'horari de treball que es realitzi es un factor a tenir en compte a l'hora de calcular les càrregues. En el cas que s'està estudiant, l'horari de treball és de les 7:00 a les 19:00 hores.

En els càlculs realitzats mitjançant les formules de l'AHSRAE, no es contempla cap horari de treball si no que es calculen les càrregues tèrmiques de les sales en les condicions més desfavorables sense contemplar la inèrcia de l'edifici.

1.7- Sistemes de climatització

En aquest apartat es revisaran les diferents tecnologies de climatització disponibles en el mercat per tal de veure quina es la que s'adapta millor als requeriments del present edifici. Es presentaran

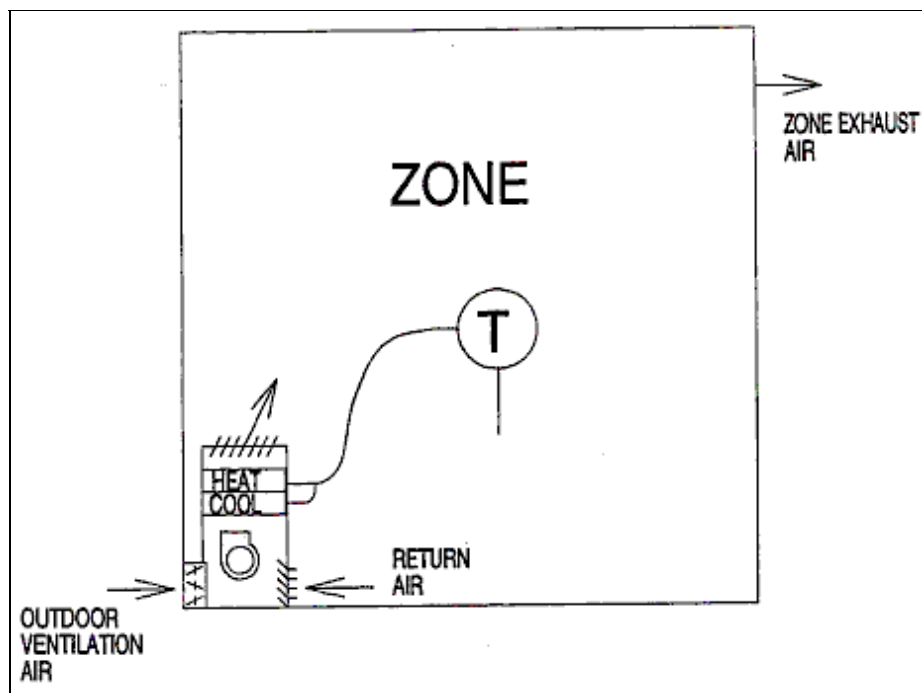
tres sistemes diferents de climatització dels quals es valoraran els seus avantatges i desavantatges i s'explicaran detalladament les seves característiques.

1.7.1- SISTEMA 1: Climatització mitjançant fan-coils a dos tubs i climatitzadors

Aquest sistema de climatització constarà de dos mètodes diferents per combatre les càrregues tèrmiques de l'edifici i aportar les condicions de confort esmentades. Les sales situades en les zones perimetrals de la nau i els despatxos tancats individuals de la zona central, es climatitzaran mitjançant fan-coils a 2 tubs amb un termòstat per a cada despatx. Això permetrà que es pugui escalfar les sales a l'hivern i refrigerar-les a l'estiu. Pel que fa a les sales interiors on no hi ha una incidència directe del sol a través de vidres i la zona a climatitzar té una gran superfície, s'optarà per la climatització mitjançant dos climatitzadors, un per la zona central (sala 33, 34 i 35) i l'altre per les sales de visites i la sala de juntes. La impulsió de l'aire provinent d'aquests climatitzadors es farà mitjançant difusors.

Fan coils a 2 tubs: un sistema de climatització mitjançant fan-coils pot variar en funció d'on li provingui l'aire primari al fan-coil. Existeixen dos tipus de sistema, amb ventilació directa, es a dir, l'aire que li arriba al fan-coil prové directament de l'exterior o amb l'aire que li arriba al fan-coil tractat provinent amb una Unitat de Pretractament de l'Aire (UPA).

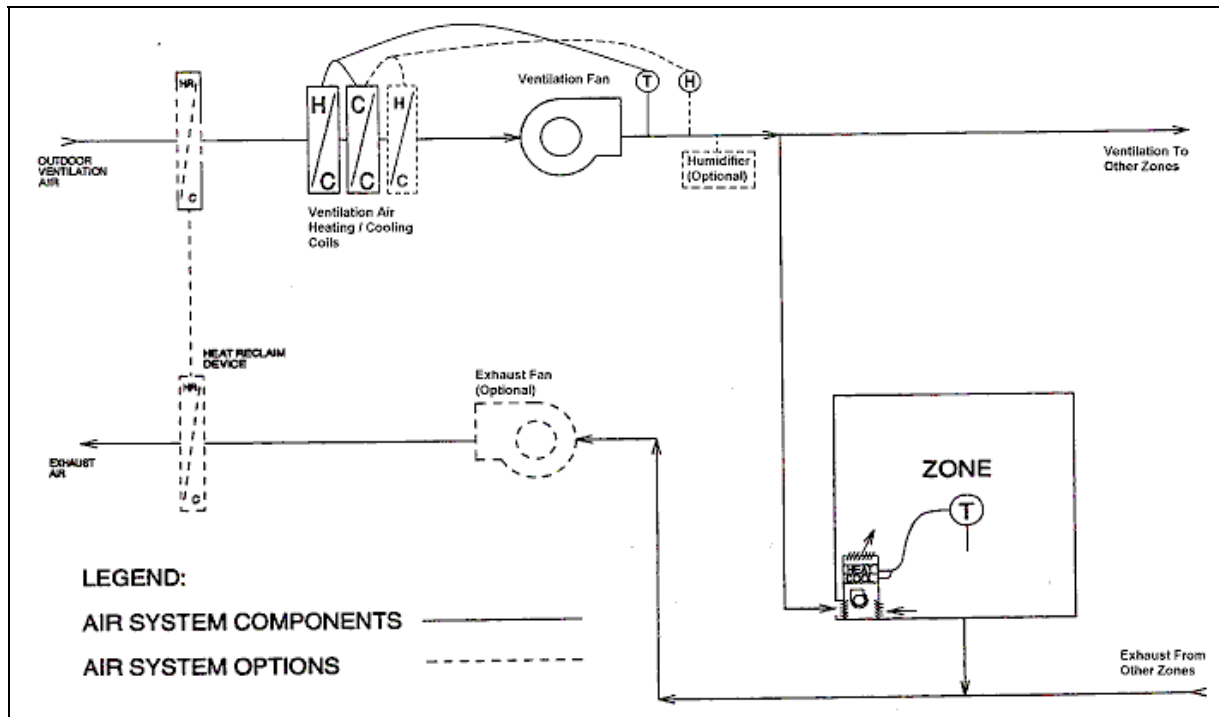
- Cas 1:



(Imatge 4: Sistema fan-coils 2 tubs amb ventilació directa)

En aquest cas, l'aire que li arriba al fan-coil prové directament de l'exterior fet que implica que el fan-coil hagi de combatre totes les càrregues de la sala i també les càrregues de ventilació. El mateix fan-coil utilitza part de l'aire d'extracció per climatitzar l'aire provinent de l'exterior i consta d'un termòstat per controlar la sala. Aquest sistema requereix un fan-coil molt potent i en aquest cas es descarta.

- Cas 2:



(Imatge 5: Sistema fan-coils 2 tubs amb aire provinent d'una UPA)

En aquest segon cas, que es el que s'utilitzarà, el fan-coil rep l'aire de l'exterior prèviament tractat amb la UPA, fet que facilita la climatització de la sala al fan-coil. Al tenir l'aire de l'exterior tractat, el fan-coil només ha de combatre les càrregues de la sala. Al tenir una UPA, el sistema es complica una mica més ja que apareixen una sèrie d'elements que no s'utilitzaven en el primer cas.

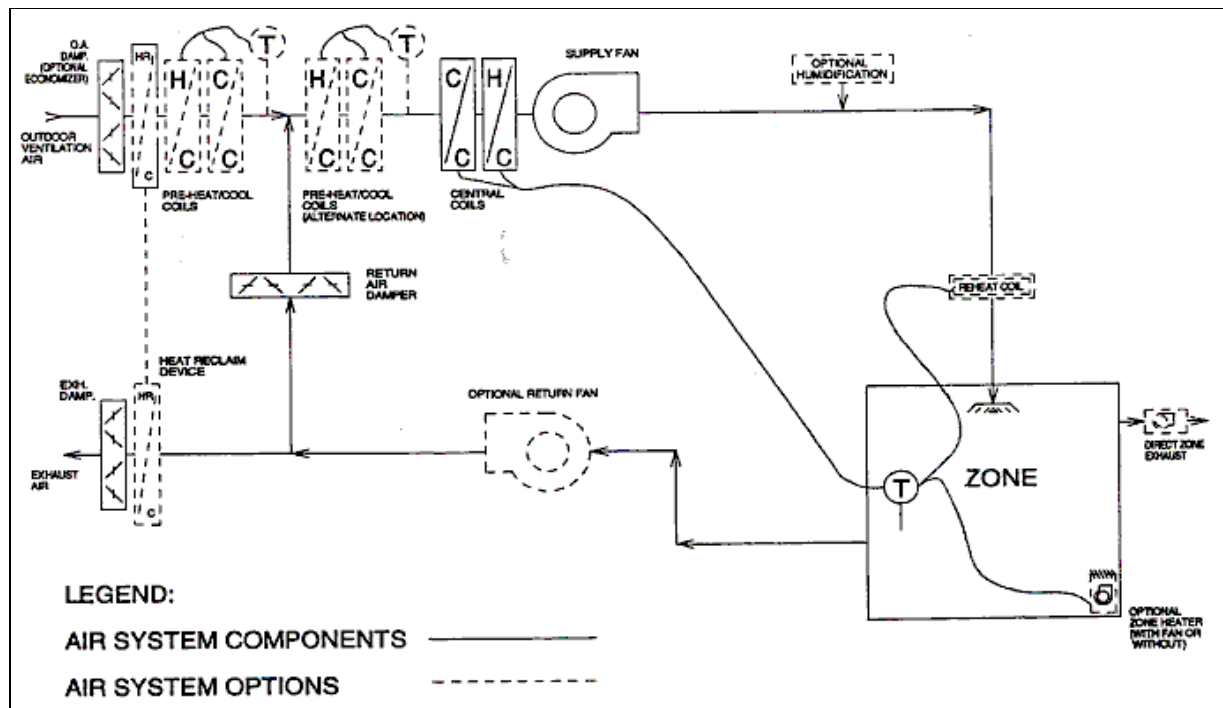
La UPA consta d'una bateria que escalfa i refredadora l'aire exterior i seguidament l'impulsa cap al fan-coil mitjançant un ventilador. Aquest aire impulsat pel ventilador es pot humidificar mitjançant un humidificador (opcional). L'aire d'extracció, normalment extret utilitzant un ventilador, pot incorporar un sistema de recuperació de calor per estalviar energia. Aquest sistema s'anomena recuperador de calor i es situa entre l'entrada de l'aire exterior i la sortida de l'extracció. L'objectiu es utilitzar el calor de l'aire d'extracció per escalfar o refredar l'aire exterior que entra a la UPA.

Per aquest projecte, s'utilitzarà la UPA per fer un pretractament de l'aire abans d'impulsar-lo als fan-coils.

Climatitzador: un climatitzador es un sistema de tractament d'aire que agafa l'aire de l'exterior i el tracta per poder-lo enviar a les sales mitjançant difusors amb les condicions que requereixi l'usuari. El climatitzador incorpora una bateria, per escalfar i refredar l'aire i un ventilador que impulsa a les sales. Tot i així, també existeixen una sèrie de variants que s'han de tenir en compte. El climatitzador pot incorporar una UPA per fer un pretractament de l'aire abans de tractar-lo definitivament amb les bateries centrals i també pot incorporar un humidificador en el cas que s'hagués d'augmentar la humitat de l'aire impulsat. Per extreure l'aire de les sales, s'utilitza normalment un ventilador i part d'aquest aire es barreja amb l'aire exterior per reduir la potència requerida a la bateria. De la mateixa manera que en el sistema amb fan-coils, també es pot utilitzar el recuperador de calor per reduir la potència.

En el cas que es tinguin diferents requeriments a les sales, es a dir, que la temperatura que volem

sigui diferent, s'utilitza un bateria per escalfar o refredar l'aire provinent del climatitzador situada just abans del difusor.



(Imatge 6: Climatitzador amb difusió mitjaçant difusor)

La UPA del climatitzador es pot incorporar abans o després de la re-circulació de l'aire d'extracció. La diferència entre col·locar-lo abans o després és que quan es col·loca abans obliga a tenir dos equips diferenciats, el de pretractament i el de tractament. En canvi, si es col·loca després de la re-circulació es poden incorporar les bateries del pretractament dins del mateix equip de tractament fet que permet tenir un sol equip.

En aquest cas, els dos climatitzadors utilitzats tindran les mateixes característiques, tenint cadascú una sola unitat de tractament i una única bateria.

Bomba de calor: la bomba de calor del sistema 1 serà a dos tubs fet que permetrà que una mateixa màquina dongui aigua freda i calenta. Per passar de donar aigua calenta a aigua freda s'haurà de fer un canvi de cicle que dura aproximadament 2 hores.

A continuació, es mostren els amidaments d'aquesta instal·lació per poder fer una valoració aproximada del cost d'aquesta:

- Amidaments sistema 1:

SOLUCIÓ A 2 TUBS						
	Denominacion	Quantitat [nº]	Cost Unitat [€/m]/[€/m2]	Cost Total Material [€]	Ma d'obra hores	Total [€]
AIGUA	Bomba de calor CLIMAVENETA d'alta eficiència energètica NX-N R410A aire/aigua amb ventiladors axials, equipada amb 4 compressors scroll i 2 circuitos independents, intercambiador multitubular, refrigerant ecològic R410a, versió Compacte. (160kW)	1,0	28728,44	28728,44	16,0	29128,44
	Accessoris	1,0	1500,00	1500,00	3,0	1575,00
	FAN-COILS/CASSETTES:					
AIGUA	Cassette Carrier 42GWC004	18,0	830,00	14940,00	54,0	16290,00
	Cassette Carrier 42GWC008	2,0	900,00	1800,00	6,0	1950,00
	Cassette Carrier 42GWC0012	3,0	947,00	2841,00	9,0	3066,00
	Cassette Carrier 42GWC0016	2,0	1274,00	2548,00	6,0	2698,00
	Cassette Carrier 42GWC0020	4,0	1373,00	5492,00	12,0	5792,00
	Kit de control (term+v3v)	29,0	67,30	1951,70	174,0	6301,70
	Tubs (1/2" - 2 1/2") amb promig de 1 1/2" (DIN2440) [m]	457,0	5,33	2435,81	228,0	8135,81
	Aïllament [m]	457,0	4,68	2139,29	114,0	4989,29
	Tub PVC 25 mm [m]	145,0	1,28	185,78	29,0	910,78
AIRE	FAN-COILS/CASSETTES:					
	UPA Fan-coils: AE = 2025m3/h	1,0	2005,00	2005,00	16,0	2405,00
	Control (Termostat +Vàlvula 3 vies)	1,0	67,30	67,30	8,0	267,30
	Conductes Metàl·lics Rectangulars Impulsió [m2]	90,0	19,50	1755,00	45,0	2880,00
	Aïllament Conductes Rectangulars [m2]	90,0	8,20	738,00	23,0	1313,00
	Conductes Circulars Galvanitzats Impulsió DN100 [m]	72,5	1,69	122,20	108,0	2822,20
	Aïllament Conductes Circulars [m2]	22,8	10,95	249,28	18,5	711,78
	Conductes Circ. Flexibles DN100 + Aïllament de fibra de vidre[m]	29,0	1,53	44,25	6,0	194,25
	Comportes de regulació Madel SKC-C 100 mm	29,0	57,63	1671,27	29,0	2396,27
	Reixa d'intempèrie 330x600	1,0	150,70	150,70	2,0	200,70
	Boques d'Extracció LVS	6,0	337,00	2022,00	6,0	2172,00
	Conducte Circulars Galv. Boques d'Extracció DN100 [m]	51,0	1,69	85,96	76,0	1985,96
	Aïllament conductes Circulars Boques d'Extracció	16,0	10,95	175,35	24,0	775,35
	Reixes Passaportes AGS-T	6,0	107,80	646,80	6,0	796,80
	Ventilador SODECA SV-315/H per Boques d'Extracció (2025m3/h)	1,0	465,60	465,60	16,0	865,60
	CLIMATITZADOR CENTRAL:					
AIRE	UTA Climatitzador Central: AE = 13029 m3/h	1,0	5450,00	5450,00	16,0	5850,00
	Control (Termostat +Vàlvula 3 vies)	1,0	67,30	67,30	8,0	267,30
	Conductes Metàl·lics Rectangulars Impulsió [m2]	236,0	19,50	4602,00	118,0	7552,00
	Aïllament Conductes Rectangulars Impulsió + Retorn [m2]	379,0	8,20	3107,80	95,0	5482,80
	Conductes Circulars Galvanitzats Impulsió DN100 [m]	42,0	1,69	70,79	63,0	1645,79
	Aïllament Conductes Circulars d'impulsió[m2]	13,2	10,95	144,41	11,0	419,41
	Conductes Metàl·lics Rectangulars Retorn [m2]	143,0	19,50	2788,50	71,0	4563,50
	Conductes Circulars Galvanitzats de Retorn DN100 [m]	19,0	1,69	32,02	28,0	732,02
	Aïllament Conductes Circulars de Retorn [m2]	6,0	10,95	65,33	5,0	190,33
	Difusors VDW 300x8	6,0	157,50	945,00	6,0	1095,00
	Difusors VDW 600x48	15,0	357,00	5355,00	15,0	5730,00
	Reixes de Retorn 165x425	2,0	36,50	73,00	2,0	123,00
	Reixes de Retorn 125x225	6,0	24,30	145,80	6,0	295,80
	Reixes de Retorn 225x1025	11,0	94,10	1035,10	11,0	1310,10
	Conductes Circ. Flexibles DN100 + Aïllament de fibra de vidre[m]	40,0	1,53	61,04	8,0	261,04
	Comportes de regulació Madel SKC-C 100 mm	21,0	57,63	1210,23	21,0	1735,23
	Reixa d'intempèrie 330x600	1,0	150,70	150,70	2,0	200,70
	CLIMATITZADOR VISITES + SALA JUNTES:					
AIRE	UTA Climatitzador Visites: AE = 2435,14 m3/h	1,0	2133,00	2133,00	16,0	2533,00
	Control (Termostat +Vàlvula 3 vies)	1,0	67,30	67,30	8,0	267,30
	Conductes Metàl·lics Rectangulars Impulsió [m2]	50,0	19,50	975,00	25,0	1600,00
	Aïllament Conductes Rectangulars Impulsió + Retorn [m2]	93,0	8,20	762,60	23,0	1337,60
	Conductes Circulars Galvanitzats Impulsió DN100 [m]	13,5	1,69	22,75	20,0	522,75
	Aïllament Conductes Circulars d'impulsió[m2]	4,2	10,95	46,42	3,5	133,92
	Conductes Metàl·lics Rectangulars Retorn [m2]	43,0	19,50	838,50	21,0	1363,50
	Conductes Circulars Galvanitzats de Retorn DN100 [m]	13,5	1,69	22,75	20,0	522,75
	Aïllament Conductes Circulars de Retorn [m2]	4,2	10,95	46,42	3,5	133,92
	Difusors VDW 300x8	12,0	157,50	1890,00	12,0	2190,00
	Difusors VDW 500x24	1,0	249,70	249,70	1,0	274,70
	Reixes de Retorn 165x425	3,0	36,50	109,50	3,0	184,50
	Reixes de Retorn 165x525	1,0	42,60	42,60	1,0	67,60
	Reixes de Retorn 165x225	4,0	27,00	108,00	4,0	208,00
	Reixes de Retorn 165x325	1,0	31,90	31,90	1,0	56,90
	Conductes Circ. Flexibles DN100 + Aïllament de fibra de vidre[m]	22,0	1,53	33,57	4,5	146,07
	Comportes de regulació Madel SKC-C 100 mm	13,0	57,63	749,19	13,0	1074,19
	Reixa d'intempèrie 330x600	1,0	150,70	150,70	2,0	200,70
TOTAL:				108344,66	42550,00	150894,66

Veiem que el cost total d'aquest sistema serà de 150.894,66€.

1.7.2- SISTEMA 2: Climatització mitjançant fan-coils a quatre tubs i climatitzadors

Aquest sistema de climatització, també constarà de dos mètodes diferents per combatre les càrregues tèrmiques de l'edifici i aportar les condicions de confort esmentades. Les sales situades en les zones perimetrals de la nau i els despatxos tancats individuals de la zona central, es climatitzaran mitjançant fan-coils a 4 tubs. Això permetrà un control individualitzat a cada despatx de manera que es pugui escalfar o refrigerar sempre que es vulgui independentment del que s'estigui fent als altres despatxos. Pel que fa a les sales interiors s'utilitzaran climatitzadors de la mateixa manera que al sistema 1 però en aquest cas els climatitzadors tindran dos bateries cadascun. Aquest aire climatitzat provinent del climatitzador s'impulsarà a les sales mitjançant difusors.

Fan coils a 4 tubs: de la mateixa manera que els fan-coils a 2 tubs, els de 4 tubs poden rebre l'aire exterior directament de l'exterior o tractat prèviament amb una UPA. El sistema es exactament igual que els de 2 tubs amb la diferència quan els 4 tubs permeten escalfar i refredar les sales quan es vulgui.

Climatitzador: els climatitzadors seran exactament iguals que els climatitzadors del sistema 1 però amb dos bateries per poder oferir calor o fred en funció de la demanda.

Bomba de calor: la bomba de calor d'aquest segon sistema serà a quatre tubs fet que permetrà donar aigua calenta i freda al mateix temps sense haver de fer canvis de cicle.

A continuació es mostren els amidaments d'aquests sistema:

- Amidaments sistema 2:

SOLUCIÓ 4 TUBS						
	Denominació	Quantitat nº	Cost Unitat [€/m]/[€/m2]	Cost Total Material €	Ma d'obra hores	Total €
AIGUA	Bomba de calor CLIMAVENETA Energy Raiser d'alta eficiència NECS-Q R410a aire/aigua per instal·lació a 4 tubs amb ventiladors axials equipada amb 4 compressors scroll i 2 circuits independents, intercambiador de plaques, refrigerant ecològic R410a, versió standard.	1,0	41838,90	41838,90	16,0	42238,90
	Accessoris	1,0	2000,00	2000,00	4,0	2100,00
AIGUA	FAN-COILS/CASSETTES:					
	42GWD004	14,0	939,00	13146,00	63,0	14721,00
	42GWD008	10,0	947,00	9470,00	45,0	10595,00
	42GWD010	2,0	959,00	1918,00	9,0	2143,00
	42GWD020	6,0	1505,00	9030,00	27,0	9705,00
	Kit de control (term+v3v)	32,0	130,48	4175,36	192,0	8975,36
	Tubs (1/2" - 2 1/2") amb promig de 1 1/2" (DIN2440) [m]	914,0	5,33	4871,62	455,0	16246,62
	Aïllament [m]	914,0	4,68	4278,57	228,0	9978,57
AIGUA	Tub PVC 25 mm [m]	160,0	1,28	205,00	32,0	1005,00
AIRE	FAN-COILS/CASSETTES:					
	UPA Fan-coils: AE = 2025m3/h	1,0	2005,00	2005,00	16,0	2405,00
	Control (Termostat +Vàlvula 3 vies)	1,0	67,30	67,30	8,0	267,30
	Conducces Metàl·lics Rectangulars Impulsió [m2]	90,0	19,50	1755,00	45,0	1125,00
	Aïllament Conducces Rectangulars[m2]	90,0	8,20	738,00	23,0	575,00
	Conducces Circulars Galvanitzats Impulsió DN100 [m]	72,5	1,69	122,20	108,0	2700,00
	Aïllament Conducces Circulars[m2]	22,8	10,95	249,28	18,5	462,50
	Conducces Circ. Flexibles DN100 + Aïllament de fibra de vidre[m]	29,0	1,53	44,25	6,0	150,00
	Comportes de regulació Madel SKC-C 100 mm	29,0	57,63	1671,27	29,0	725,00
	Reixa d'intempèrie 330x600	1,0	150,70	150,70	2,0	50,00
	Boques d'extracció LVS	6,0	337,00	2022,00	6,0	150,00
	Conducces Circulars Galv. Boques d'extracció DN100 [m]	51,0	1,69	85,96	76,0	1900,00
	Aïllament conducces Circulars Boques d'extracció	16,0	10,95	175,35	24,0	600,00
	Reixes Passaportes AGS-T	6,0	107,80	646,80	6,0	150,00
	Ventilador SODECA SV-315/H per Boques d'extracció (2025m3/h)	1,0	465,60	465,60	16,0	400,00
						865,60
AIRE	CLIMATITZADOR CENTRAL:					
	UTA Climatitzador Central: AE = 13029 m3/h	1,0	5450,00	5450,00	16,0	400,00
	Control (Termostat +Vàlvula 3 vies)	1,0	67,30	67,30	8,0	200,00
	Conducces Metàl·lics Rectangulars Impulsió [m2]	236,0	19,50	4602,00	118,0	2950,00
	Aïllament Conducces Rectangulars Impulsió + Retorn [m2]	379,0	8,20	3107,80	95,0	2375,00
	Conducces Circulars Galvanitzats Impulsió DN100 [m]	42,0	1,69	70,79	63,0	1575,00
	Aïllament Conducces Circulars d'impulsió[m2]	13,2	10,95	144,41	11,0	275,00
	Conducces Metàl·lics Rectangulars Retorn [m2]	143,0	19,50	2788,50	71,0	1775,00
	Conducces Circulars Galvanitzats de Retorn DN100 [m]	19,0	1,69	32,02	28,0	700,00
	Aïllament Conducces Circulars de Retorn [m2]	6,0	10,95	65,33	5,0	125,00
	Difusors VDW 300x8	6,0	157,50	945,00	6,0	150,00
	Difusors VDW 600x48	15,0	357,00	5355,00	15,0	375,00
	Reixes de Retorn 165x425	2,0	36,50	73,00	2,0	50,00
	Reixes de Retorn 125x225	6,0	24,30	145,80	6,0	150,00
	Reixes de Retorn 225x1025	11,0	94,10	1035,10	11,0	275,00
	Conducces Circ. Flexibles DN100 + Aïllament de fibra de vidre[m]	40,0	1,53	61,04	8,0	200,00
	Comportes de regulació Madel SKC-C 100 mm	21,0	57,63	1210,23	21,0	525,00
	Reixa d'intempèrie 330x600	1,0	150,70	150,70	2,0	50,00
AIRE	CLIMATITZADOR VISITES + SALA JUNTES:					
	UTA Climatitzador Visites: AE = 2435,14 m3/h	1,0	2133,00	2133,00	16,0	400,00
	Control (Termostat +Vàlvula 3 vies)	1,0	67,30	67,30	8,0	200,00
	Conducces Metàl·lics Rectangulars Impulsió [m2]	50,0	19,50	975,00	25,0	625,00
	Aïllament Conducces Rectangulars Impulsió + Retorn [m2]	93,0	8,20	762,60	23,0	575,00
	Conducces Circulars Galvanitzats Impulsió DN100 [m]	13,5	1,69	22,75	20,0	500,00
	Aïllament Conducces Circulars d'impulsió[m2]	4,2	10,95	46,42	3,5	87,50
	Conducces Metàl·lics Rectangulars Retorn [m2]	43,0	19,50	838,50	21,0	525,00
	Conducces Circulars Galvanitzats de Retorn DN100 [m]	13,5	1,69	22,75	20,0	500,00
	Aïllament Conducces Circulars de Retorn [m2]	4,2	10,95	46,42	3,5	87,50
	Difusors VDW 300x8	12,0	157,50	1890,00	12,0	300,00
	Difusors VDW 500x24	1,0	249,70	249,70	1,0	25,00
	Reixes de Retorn 165x425	3,0	36,50	109,50	3,0	75,00
	Reixes de Retorn 165x525	1,0	42,60	42,60	1,0	25,00
	Reixes de Retorn 165x225	4,0	27,00	108,00	4,0	100,00
	Reixes de Retorn 165x325	1,0	31,90	31,90	1,0	25,00
	Conducces Circ. Flexibles DN100 + Aïllament de fibra de vidre[m]	22,0	1,53	33,57	4,5	112,50
	Comportes de regulació Madel SKC-C 100 mm	13,0	57,63	749,19	13,0	325,00
	Reixa d'intempèrie 330x600	1,0	150,70	150,70	2,0	50,00
TOTAL:				134716,09	2122,00	53050,00
						187766,09

Veiem que el cost total d'aquest sistema serà de 187.766,09€.

1.7.3- SISTEMA 3: Climatització mitjançant bigues fredes

Aquest sistema de climatització a diferència dels sistemes 1 i 2, constarà d'un únic mètode per combatre les càrregues tèrmiques de l'edifici. Es pretén instal·lar bigues fredes a quatre tubs a totes les sales i despatxos per aconseguir un confort excepcional permetent que a cada despatx pugui regular la temperatura que vulgui tant per refrigeració com per calefacció.

El sistema de bigues fredes (Chilled Beams) és un sistema d'acondicionament d'aire per refredament, calefacció i ventilació en espais on es molt important una bona temperatura interior i un control individualitzat. Aquest sistema es un sistema "aire/aigua", que utilitza les bones propietats de transferència de calor de l'aigua i ofereix una climatització interior bona i eficient. Les bigues fredes no son elements estructurals de construcció, son components hidrònics, pels quals circula aigua freda o calenta i son dissenyats per induir flux d'aire calent o fred per climatitzar un espai. El seu nom es deu a la seva forma allargada i estreta.



(Imatge 7: Exemple de Viga freda activa)

Existeixen tres tipus bàsics de bigues fredes: Actives, Passives i Multiserveis. En els tres casos el sistema assoleix el seu efecte de refredament per convecció al fer passar aigua bombejada des d'una unitat generadora d'aigua freda, entre 15 i 18°C, per serpentins al llarg de cada un dels equips.

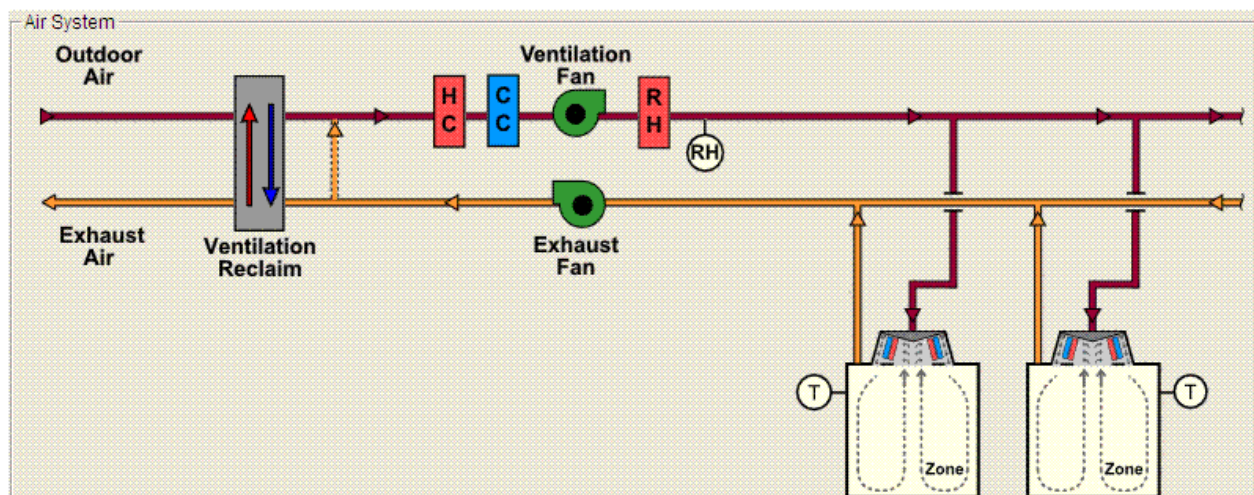
- Actives: el sistema actiu ofereix una millor capacitat de refredament que el passiu degut a la utilització d'injecció d'aire primari que es barreja amb l'aire refredat als serpentins, causant així una convecció induïda a través dels elements i una distribució d'aire fred des del sostre. El sistema actiu també pot ser utilitzat per calefacció. Aquest sistema proveeix un control efectiu d'humitat, a través de l'aire primari subministrat a través de l'equip. Un dels falsos conceptes més comú respecte aquest tipus de tecnologia es que la humitat interior es condensarà a les bigues fredes, especialment en climes càlids i d'alta humitat. Indiscutiblement, el control d'humitat es clau per que el sistema funcioni i

s'ha de controlar la humitat internament de tal manera que sempre s'estigui per sota del punt de rosada. Actualment existeixen formes i controls que permeten mantenir un control estricte de la humitat.

- Passives: una biga passiva és simplement un contenidor amb una espiral refrigerant a l'interior on circula l'aigua freda entre a 15 i 17°C. Treballen mitjançant un procés de convecció natural, l'aire calent ascendeix fins als serpentins on es refreda i descendeix lliurement sense assistència de cap tipus de ventilador, fins al nivell d'ocupació. La ventilació requerida quan considerem l'ús de bigues fredes passives s'aplica mitjançant la utilització d'un altre sistema de mescla típic ja sigui amb difusors al sostre o reixes als murs, o be mitjançant el sistema d'injecció a la sala.
- Multiserveis: les bigues fredes multiservei son una variant de les actives, la funció principal de les quals es la mateixa però permeten integrar una amplia varietat d'altres serveis de l'edifici com son la il·luminació, sistemes de so, sistemes de TI, protecció contra incendis (ruixadors i detectors), foto cel·les, etc.

En cap dels dos sistemes, tan actiu com passiu, existeixen parts en moviment fet que els atorga una llarga vida i un baix cost de manteniment. Les bigues fredes poden formar part d'un sistema d'aire primari de volum constant o d'un sistema de volum variable. També poden ser controlats regulant o aïllant el flux d'aigua a través del propi equip. En tots els casos, es important establir apropiadament la relació entre temperatura i humitat a l'espai a condicionar, amb la temperatura de l'aigua freda administrada al sistema.

En la instal·lació que s'està estudiant, es valorarà la instal·lació de bigues fredes actives, les quals depenen d'un seguit d'elements que es poden veure en aquest esquema:



(Imatge 8: Sistema per bigues fredes actives)

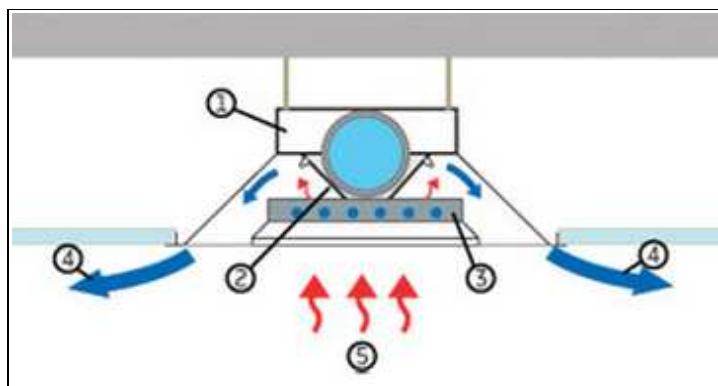
L'aire que reben les bigues fredes prové d'una unitat de tractament d'aire anomenada DOAS (Dedicated Outside Air System) que pre-condiciona l'aire que reben les bigues fredes mitjançant bateries de fred i calor. Aquest aire primari flueix a través de les boques per produir dolls d'aire a alta velocitat. Aquests dolls creen una regió de pressió negativa a la cambra que indueix l'aire de la sala que s'està climatitzant a pujar cap a la biga freda. Aquest aire provinent de la sala, passa a

través de les bateries de les bigues per les quals circula l'aigua calenta o freda i posteriorment es barreja amb l'aire primari impulsat per la DOAS i es torna a impulsar a la sala.

Les bigues fredes només aporten refredament sensible ja que el serpentí de refredament treballa en sec, sense sistemes de recol·lecció de condensats. L'aire primari que subministrem com aire de ventilació haurà de ser tractat a la DAOS, la qual condicionarà i combatrà part de la càrrega sensible i tota la part de càrrega latent. Com s'ha dit anteriorment, es necessari un control de la temperatura de l'aigua per evitar la condensació.

Un punt important que s'haurà de tenir en compte, es que l'immoble a condicionar amb aquest sistema necessita limitar les infiltracions de l'exterior cap a l'interior de l'edifici. S'ha de tenir una atenció especial sobre els sistemes d'administració de l'edifici si les finestres son susceptibles d'obrir.

Esquema de funcionament:



(Imatge 9: Esquema de funcionament de les bigues fredes)

- 1- Plènum d'aire d'injecció (Aire primari)
- 2- Boques d'injecció
- 3- Serpentí de refredament
- 4- Aire barrejat (primari i d'injecció)
- 5- Aire de l'habitació

Aquesta tecnologia és més eficient en l'ús de l'energia que els altres sistemes convencionals equivalents i addicionalment, requereix de menys conductes. Depenent del sistema utilitzat, es pot estalviar fins a un 50% de conductes. D'altra banda, també s'ha de considerar que requereix d'una temperatura més alta per refrigerar (entre 15°C i 18°C) mentre que els sistemes convencionals requereixen temperatures inferiors (entre 6°C i 7°C).

Bomba de calor: la bomba de calor que alimentarà les bigues fredes, serà a 4 tubs per poder oferir aigua calenta i freda alhora obtenint d'aquesta manera el millor confort possible.

A continuació es mostren els amidaments d'aquest sistema:

– Amidaments sistema 3:

SOLUCION 4 TUBOS						
	Denominació	Quantitat	Cost Unitat	Cost Total Material	Ma d'obra	Total
		nº	€	€	hores	€
AIGUA	Bomba de calor CLIMAVENETA Energy Raiser d'alta eficiència NECS-Q R410a aire/aigua per instal·lació a 4 tubs amb ventiladors axials equipada amb 4 compressors scroll i 2 circuits independents, intercambiador de plaques, refrigerant ecològic R410a, versió standard.	1,0	41838,90	41838,90	16,0	42238,90
	Accessoris	1,0	2000,00	2000,00	4,0	2100,00
AIGUA	BIGUES FREDES:					
	DID632 1200 Z	21,0	742,95	15601,95	94,5	17964,45
	DID632 1200 M	40,0	749,25	29970,00	180,0	34470,00
	DID632 1200 G	8,0	753,50	6028,00	36,0	6928,00
	DID632 1200 U	36,0	760,30	27370,80	162,0	31420,80
	Control (Termostat +Vàlvula 3 vies)	105,0	130,48	13700,40	630,0	29450,40
	Tubs (1/2" - 2 1/2") amb promig de 1 1/2" (DIN2440) [m]	1828,0	5,33	9743,24	910,0	32493,24
AIRE	Aïllament [m]	1828,0	4,68	8555,04	576,0	22955,04
	BIGUES FREDES:					
	UMA: AE = 3735m3/h	1,0	4321,00	4321,00	16,0	4721,00
	Control (Termostat +Vàlvula 3 vies)	1,0	130,48	130,48	8,0	330,48
	Conductes Metàl·lics Rectangulars Impulsió [m2]	752,0	19,50	14664,00	376,0	24064,00
	Aïllament Conductes Rectangulars Impulsió [m2]	752,0	8,20	6166,40	192,0	10966,40
	Conductes Circulars Galvanitzats Impulsió DN100 [m]	256,0	1,69	431,36	380,0	9931,36
	Aïllament Conductes Circulars d'impulsió[m2]	80,4	10,95	880,20	20,0	1380,20
	Conductes Circulars Flexibles de DN100 + Aïllament [m]	188,0	1,53	286,89	38,5	1249,39
	Comportes de regulació Madel SKC-C 100 mm	105,0	57,63	6051,15	105,0	8676,15
	Reixa d'intempèrie 330x600	1,0	150,70	150,70	2,0	200,70
	Boques d'Extracció LVS	11,0	337,00	3707,00	11,0	3758,00
	Conducte Circulars Galv. Boques d'Extracció DN100 [m]	93,5	1,69	157,55	139,0	3632,55
	Aïllament conductes Circulars Boques d'Extracció	29,4	10,95	321,48	7,5	508,98
	Reixes Passaportes AGS-T	11,0	107,80	1185,80	11,0	1460,80
	Ventilador SODECA SV-315/H per Boques d'Extracció (2025m3/h)	1,0	465,60	465,60	16,0	865,60
TOTAL:				193727,94	98038,50	291766,44

Veiem que el cost total de la instal·lació es de 291.766,44€.

1.8- Crèteris de valoració

Per al present projecte s'ha establert l'objectiu de comparar els diferents sistemes estudiats i valorar-los en funció d'un seguit de criteris. Aquests criteris es puntuaran del 0 al 10 en cada sistema però no tindran la mateixa rellevància en la instal·lació, per aquest motiu s'ha associat un percentatge a cada tipus de criteri en funció de la importància que considerem a l'hora de valorar-lo.

Els aspectes a valorar seran els següents:

1. Nivell de complexitat tècnica de disseny
2. Grau de confort que aporta el nou sistema.
3. Nivell acústic del sistema.
4. Impacte visual del sistema.
5. Cost de la implantació del nou sistema.
6. Manteniment requerit.
7. Temps requerit per instal·lar el nou sistema de climatització.
8. Consum energètic del sistema.

1. Dificultat a l'hora de calcular adequadament el sistema:

En aquest punt, la puntuació s'atorgarà del 0 al 10 establint que com més alta sigui la puntuació més fàcil de calcular serà.

- Sistema 1: Fan-coils a 2 tubs i climatitzadors

En el cas que aquest sistema fos l'escollit, la realització dels càlculs dels conductes d'aigua serien d'una dificultat intermitja per als quals s'hauria de tenir en compte una sèrie de qüestions. S'haurien de considerar les pèrdues de càrrega dels trams, les limitacions que marca el RITE en quan a la velocitat permesa del fluid per dins del conducte i s'hauria de buscar quins són els diàmetres existents de canonada per al material seleccionat. Aquests càlculs implicarien la utilització d'una sèrie d'equacions com són les de Colebrook i de Flamant que tenen un cert grau de complicació. Un altre factor a considerar seria l'equilibrat dels cassets perquè el cabal necessari arribi amb les condicions desitjades i la pèrdua de càrrega de tots els cassets sigui la mateixa.

Pel que fa al càlcul dels conductes d'aire es realitzaria mitjançant un sistema de càlcul anomenat “Mètode de pèrdua de càrrega constant en tota la instal·lació”. El procediment a seguir per calcular els conductes mitjançant aquest mètode seria fixar per qualsevol tram de la xarxa de conductes una pèrdua de càrrega constant per metre, normalment entorn a 1 Pa/m i una velocitat màxima de 10 m/s. Puntuació: 8 punts.

- Sistema 2: Fan-coils a 4 tubs i climatitzadors

Si s'escollis aquest segon sistema els càlculs realitzats es farien de la mateixa manera que pel sistema 1 amb l'única diferència que s'haurien de dimensionar les canonades d'aigua tant per aigua freda com per aigua calenta. Això implica un petit increment del nombre de càlculs. Pel que fa als càlculs d'aire es realitzarien amb el mateix mètode de pèrdua de càrrega constant. Puntuació: 8 punts.

- Sistema 3: Bigues fredes

Pel aquest tercer cas, el càlcul dels conductes d'aigua es faria amb el mateix procediment que els dos sistemes anteriors. El canvi el trobaríem al calcular els conductes d'aire, els quals han de ser calculats mitjançant el “Mètode de recuperació estàtica”. Aquest mètode es basa en la idea de mantenir constant la pressió estàtica al final de cada tram. Es a dir, que la pèrdua de càrrega que es produeix a cada tram sigui igual a la recuperació estàtica (per disminució de velocitat) que hagin tingut al principi d'aquest tram, per lo que la pressió estàtica al final del tram anterior i d'aquest és constant. Puntuació: 3 punts.

Taula resum:

Nº Sistema	Puntuació	Percentatge atribuït al punt a estudiar	Total punts
1	8	3,00%	24
2	8	3,00%	24
3	3	3,00%	9

2. Grau de confort que aporta el nou sistema:

– Sistema 1:

El confort obtingut amb aquest mètode es bastant limitat ja que la bomba de calor que s'utilitza per aquest sistema es una bomba de calor inverter, la qual quan està en funcionament només pot aportar o aigua freda o calenta però mai els dos tipus al mateix moment. Per poder passar de refrigeració a calefacció es necessari invertir el circuit de la bomba i requereix un cert temps de canvi que normalment és de dues hores. Per tant, una instal·lació d'aquestes característiques seria adequada per un edifici que tingui una sola façana. El fet de tenir 3 façanes com es el cas estudiat, requereix de refrigeració i calefacció alhora en funció de la sala qualitat que no té aquest sistema.

Per al complex que s'està estudiant, aquest sistema ens aportaria un confort bastant limitat. Puntuació: 3 punts.

– Sistema 2:

Aquest sistema ens garanteix un confort de molt alta qualitat que permetrà climatitzar totes les sales a la temperatura que es desitgi. La zona climatitzada amb fan-coils a 4 tubs permetrà una regulació individualitzada de cada despatx podent calefactar i refrigerar a lliure elecció. D'altra banda, tota la zona central i les sales de visites es climatitzaran amb climatitzadors els quals podran impulsar l'aire calent o fred quan vulguin, però la regulació d'aquesta temperatura serà igual per tots els difusors d'aquest climatitzador. Això implica que les zones obertes del centre del complex tindran una temperatura igual i no es podrà regular amb la mateixa llibertat que ofereixen els fan-coils. Puntuació: 8

– Sistema 3:

Una climatització mitjançant bigues fredes et garanteix un confort excel·lent de totes les zones. Cada biga te les seves pròpies bateries fet que permet que a cada lloc on hi hagi una biga freda es pugui regular la temperatura que es desitgi i es pugui calefactar i refrigerar a lliure elecció. En el cas que s'està estudiant, permetria regular la temperatura de totes les sales del complex fins i tot a la zona central on els sistemes 1 i 2 eren més limitats. Aquest sistema de climatització et permet evitar la estratificació fent que la temperatura a la sala sigui igual des del terra fins al sostre. Puntuació: 10

Taula resum:

Nº Sistema	Puntuació	Percentatge atribuït al punt a estudiar	Total punts
1	3	30,00%	90
2	8	30,00%	240
3	10	30,00%	300

3. Nivell acústic del sistema:

– Sistema 1:

A l'apartat 3.1 del present treball, podem veure el càlcul realitzat per conèixer la pressió sonora que tindriem instal·lant aquest sistema de climatització. Per poder valorar quin es el sistema que més pressió sonora provoca, s'ha buscat la mitja de totes les sales per tenir un valor aproximat. En el cas del sistema de climatització amb fan-coils a 2 tubs i climatitzadors obtenim un valor de 39,15 dB. Puntuació: 5

– Sistema 2:

De la mateixa manera que s'ha fet pel sistema 1, s'ha calculat a l'apartat 3.2 quina es la pressió sonora a cada sala. El cas dels fan-coils a 4 tubs és més favorable ja que la pressió sonora es una mica inferior. Tot i així, un cop feta la mitja amb la pressió sonora generada pels difusors dels climatitzadors el valor no varia exageradament. La pressió sonora mitja es de 38,9 dB. Puntuació: 7

– Sistema 3:

El tercer sistema és el més silenciós de tots fet que li atorga una millor puntuació. A l'apartat 3.3 podem comprovar que la pressió sonora mitja de les sales és de 24,23 dB. Puntuació: 10

Taula resum:

Nº Sistema	Puntuació	Percentatge atribuït al punt a estudiar	Total punts
1	5	13,00%	65
2	7	13,00%	91
3	10	13,00%	130

4. Impacte visual del sistema:

– Sistema 1:

La instal·lació dels fan-coils a 2 tubs implica una modificació del sostre per poder posar els cassets. Tot i que aquests elements es situen al falç sostre, els cassets sempre sobresurten certs mil·límetres del sostre provocant una petita ruptura a l'estètica del sostre. Aquests elements no estan dissenyats pensant en el seu aspecte si no en el seu ús i tot i que no impliquen un gran impacte visual, des d'un punt de vista estètic no son agradables. Pel que fa als difusors, es dissimulen millor que els cassets però també creen una discontinuïtat del sostre. Per tant, el factor estètic d'aquest sistema no és el millor possible. Puntuació: 6

- Sistema 2:

L'impacte visual que ens crearà aquest segon sistema es el mateix que el primer, ja que els elements utilitzats tenen el mateix aspecte. Per tant, se li atribueix la mateixa puntuació. Puntuació: 6

- Sistema 3:

Una gran avantatge d'un sistema de bigues fredes és l'aspecte visual d'aquestes. El seu disseny encaixa perfectament al sostre ja que es col·loquen al falç sostre i només es veuen les reixes d'impulsió. Visualment, el sostre queda completament pla sense cap disconformitat fet que li atribueix més puntuació. Puntuació: 10

Taula resum:

Nº Sistema	Puntuació	Percentatge atribuït al punt a estudiar	Total punts
1	6	5,00%	30
2	6	5,00%	30
3	10	5,00%	50

5. Cost de la instal·lació:

- Sistema 1:

El cost d'una instal·lació per climatitzar un complex d'oficines va associat al confort que ens aporta, de manera que a major confort més costosa es la instal·lació. En el cas dels fan-coils a 2 tubs i dels climatitzadors, el cost serà relativament baix ja que es necessitaran menys metres de canonada i màquines més simples.

Els fan-coils a 2 tubs son més barats que els de 4 tubs ja que tenen només un circuit d'aigua. Les canonades d'aigua que alimentaran aquests cassets i els climatitzadors, només requeriran una canonada per la impulsio i una pel retorn fet que abarateix el seu cost . Pel que fa als conductes d'aire, tindran un cost aproximat als altres sistemes però els climatitzadors que impulsaran aquest aire seran mes econòmics ja que només portaran una bateria per escalfar i refredar l'aire.

El preu total d'aquesta instal·lació es de 150.894,66€ fet que l'acredita com la més econòmica. Puntuació: 9

- Sistema 2:

El cost de la instal·lació del sistema 2 serà superior al del sistema 1 degut a l'increment dels metres lineals de canonada, com s'ha dit anteriorment. L'avantatge de poder impulsar aigua freda i calenta a la mateixa hora requereixen de dos canonades d'impulsió i de retorn, encarint el pressupost. Conjuntament a aquest inconvenient, els climatitzadors també veuran incrementat el seu cost ja que incorporaran 2 bateries enlloc d'una. Pel que fa als cassets, el seu preu serà una mica mes alt que els cassets de 2 tubs. El cost total d'aquesta instal·lació serà de 187.766,09€. Puntuació: 6

– Sistema 3:

Una instal·lació de bigues fredes aporta el millor confort possible, però el seu cost es molt elevat. Les mateixes bigues fredes son elements hidrònics molt cars i requereixen d'un conjunt de canonades d'aigua de les mateixes característiques que els fan-coils a 4 tubs fet que encareix les canonades d'aigua. Pel que fa a les canonades d'aire, son més cares que les dels climatitzadors perquè hi ha moltes més bigues fredes que difusors. El cost final d'aquesta instal·lació es de 291.766,44€. Puntuació: 2

Taula resum:

Nº Sistema	Puntuació	Percentatge atribuït al punt a estudiar	Total punts
1	9	30,00%	270
2	6	30,00%	180
3	2	30,00%	60

6. Manteniment requerit:

El manteniment que requereixi la instal·lació d'un sistema té una gran rellevància a l'hora de decidir quin es el sistema més adequat. Segons diu el llibre “Manual Técnico de Calefacción y Aire Acondicionado” dels seus autors Recknagel, Sprenger i Honmann, el manteniment d'una instal·lació te un cost anual entre el 2 i el 3 % del cost total de la instal·lació.

– Sistema 1:

Una instal·lació de fan-coils a 2 tubs i de climatitzadors implica un manteniment anual en les vàlvules, en els filtres dels climatitzadors, en la bomba de calor a dos tubs i en els cassets entre d'altres. Tenint en compte el gran número d'elements que formen aquesta instal·lació i la informació extreta del llibre esmentat, s'ha considerat que el manteniment anual de la instal·lació serà d'un 3%, fet que implicarà un cost anual de 4527€.

Puntuació: 8

– Sistema 2:

La instal·lació de fan-coils a 4 tubs i dels climatitzadors implicarà un manteniment superior al del sistema 1 degut al major número de vàlvules i elements de control. A més, s'ha de considerar que els climatitzadors portaran 2 bateries enlloc d'una (cas dels climatitzadors del sistema 1) i que la bomba de calor que proporcionarà l'aigua calenta i freda serà més cara de mantenir ja que serà de 4 tubs enlloc de 2. Considerant que el manteniment implicarà un cost anual del 3% del cost total de la instal·lació, el cost anual serà de 5633€.

Puntuació: 6

– Sistema 3:

Es considera que una instal·lació de bigues fredes no implica un gran manteniment perquè no tenen gaires elements de desgast com siguin els ventiladors, però en el cas estudiat, el gran nombre d'elements instal·lats (105 bigues) comporten un alt risc de manteniment. Les

bigues porten un seguit de vàlvules que tot i que no requereixen el mateix manteniment que els ventiladors, també son elements susceptibles d'averia. Conjuntament, l'entramat de canonades d'aigua i d'aire estarà ple d'elements de control que suposen un cost elevat de manteniment. Altrament, de la mateixa manera que succeeix amb el sistema 2, el climatitzador (DAOS) de les bigues fredes tindrà dos bateries i la bomba de calor serà de 4 tubs cosa que implica una major despesa. Per tant, aplicant el mateix procediment que als dos sistemes anteriors, el cost total del manteniment anual seria de 8753€. Puntuació: 3

Taula resum:

Nº Sistema	Puntuació	Percentatge atribuït al punt a estudiar	Total punts
1	8	7,00%	56
2	6	7,00%	42
3	3	7,00%	21

7. Temps requerit per instal·lar el nou sistema de climatització:

– Sistema 1:

La dificultat a l'hora d'instal·lar els cassets i els conductes es valora en funció de la quantitat d'hores que s'hagin de dedicar per construir-la. En el cas del sistema 1, la mà d'obra requerida es de 1702 hores fet que implica que aquest sistema sigui més ràpid d'instal·lar que els altres. Puntuació: 7

– Sistema 2:

El sistema 2, comparteix part de la instal·lació amb el sistema 1 fet que els fa similars. La seva única diferència es la instal·lació dels conductes d'aigua que al tenir més metres lineals de canonada, implica una major dedicació d'hores de feina i per tant una menor puntuació. El total d'hores requerides per construir aquesta instal·lació seria de 2122 hores. Puntuació: 6

– Sistema 3:

Les hores necessàries per realitzar la instal·lació de bigues fredes son més elevades que en els altres dos sistemes degut a la gran quantitat de bigues que s'han de col·locar i a la gran quantitat de canonades d'aigua necessàries. El total d'hores requerides seria de 2319 hores. Puntuació: 1

Taula resum:

Nº Sistema	Puntuació	Percentatge atribuït al punt a estudiar	Total punts
1	7	3,00%	21
2	6	3,00%	18
3	1	3,00%	3

8. Consum energètic del sistema:

Utilitzant les taules resum dels consums energètics i dels costos energètics dels tres sistemes calculats al punt 4 del present treball, a continuació es fa una comparació dels 3 sistemes.

· Consums energètics anuals:

Sistema	Consum energètic de la refrigeració	Consum energètic de la calefacció	Total
Sistema 1	23.728,25 kW elèctr./any	80.101,31 kW elèctr./any	103.829,65 kW elèctr./any
Sistema 2	27.666,54 kW elèctr./any	86.263,1 kW elèctr./any	113.929,64 kW elèctr./any
Sistema 3	32.025,01 kW elèctr./any	80.774,3 kW elèctr./any	112.799,31 kW elèctr./any

· Costos energètics anuals:

Sistema	Cost de la refrigeració	Cost de la calefacció	Total
Sistema 1	2.847,40 €	9.612,16 €	12.459,50 €
Sistema 2	3.320,00 €	9.915,90 €	13.671,58 €
Sistema 3	3.843,00 €	9.692,90 €	13.535,90 €

– Sistema 1:

A l'apartat 4.1 del present projecte podem veure el càlcul del consum energètic anual d'aquest sistema així com el seu cost anual. Degut a que la bomba de calor a 2 tubs que utilitza aquest sistema té un millor ERR i un millor COP que la bomba de calor a 4 tubs, el consum energètic anual d'aquest sistema seria de 12.459,50€. Fet que l'acredita com el sistema més econòmic energèticament parlant. Puntuació: 8

– Sistema 2:

A l'apartat 4.2 del present projecte es poden veure els càlculs del consum energètic anual i del cost anual d'aquest consum per aquest sistema. Comprovem que aquest sistema és el més car en quant a consum energètic, amb un cost anual de 13.671,58€. Aquest increment del consum es degut a la temperatura a la que la UPA ha d'impulsar l'aire d'extracció fins als fan-coils. Aquesta temperatura (22°C) és lleugerament superior a la del sistema 3 fet que incrementa el consum energètic d'aquest sistema. Puntuació: 6

– Sistema 3:

A l'apartat 4.3 del present projecte es poden veure els càlculs del consum energètic anual i del cost anual d'aquest consum per aquest sistema. El cost total anual de l'energia consumida serà de 13.535,90€ fet que l'acredita com el segon sistema més car. Puntuació: 7

Taula resum:

Nº Sistema	Puntuació	Percentatge atribuït al punt a estudiar	Total punts
1	8	9,00%	72
2	6	9,00%	54
3	7	9,00%	63

Resum:

– Sistema 1:

Punt a estudiar	Puntuació	Percentatge del punt	Total
Nivell de complexitat tècnica de disseny	8	3,00%	24
Grau de confort que aporta el nou sistema	3	30,00%	90
Nivell acústic del sistema	5	13,00%	65
Impacte visual del sistema	6	5,00%	30
Cost de la implantació del nou sistema	9	30,00%	270
Manteniment requerit	8	7,00%	56
Temps requerit per instal·lar el nou sistema de climatització	7	3,00%	21
Consum energètic del sistema	8	9,00%	72
TOTAL:		100,00%	628

– Sistema 2:

Punt a estudiar	Puntuació	Percentatge del punt	Total
Nivell de complexitat tècnica de disseny	8	3,00%	24
Grau de confort que aporta el nou sistema	8	30,00%	240
Nivell acústic del sistema	7	13,00%	91
Impacte visual del sistema	6	5,00%	30
Cost de la implantació del nou sistema	6	30,00%	180
Manteniment requerit	6	7,00%	42
Temps requerit per instal·lar el nou sistema de climatització	6	3,00%	18

Consum energètic del sistema	6	9,00%	54
TOTAL:		100,00%	679

– Sistema 3:

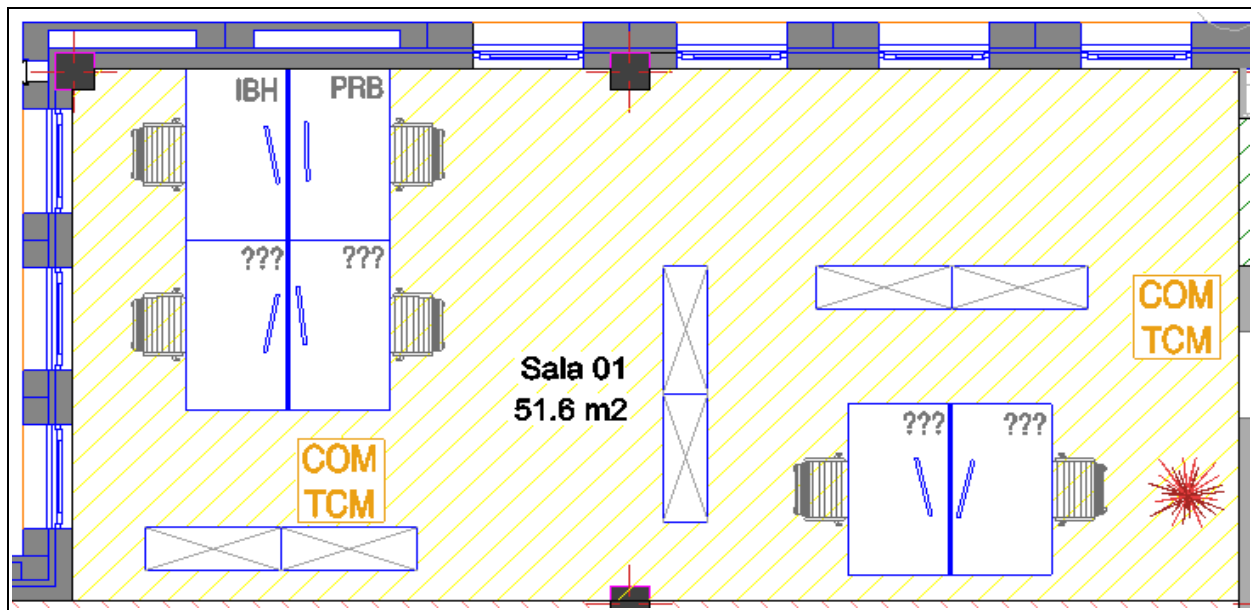
Punt a estudiar	Puntuació	Percentatge del punt	Total
Nivell de complexitat tècnica de disseny	3	3,00%	9
Grau de confort que aporta el nou sistema	10	30,00%	300
Nivell acústic del sistema	10	13,00%	130
Impacte visual del sistema	10	5,00%	50
Cost de la implantació del nou sistema	2	30,00%	60
Manteniment requerit	3	7,00%	21
Temps requerit per instal·lar el nou sistema de climatització	3	3,00%	3
Consum energètic del sistema	7	9,00%	63
TOTAL:		100,00%	636

Un cop fet el recompte de punts, veiem que el sistema amb més puntuació és el sistema 2 amb 679 punts. Per tant, el sistema de fan-coils a 4 tubs i climatitzadors és l'escollit. La selecció dels elements necessaris per aquest sistema es realitzarà a l'apartat 3.2 del present projecte i el dimensionament de les canonades d'aigua i d'aire es realitzen a l'apartat 5.

2. Càlcul de les càrregues tèrmiques de l'edifici

En aquest apartat es realitzaran els càlculs necessaris per conèixer quines són les càrregues tèrmiques que s'hauran de combatre al complex d'oficines estudiat. Conjuntament al càlcul tradicional de les càrregues tèrmiques s'utilitzarà un programa de càlcul per a comparar els resultats obtinguts.

El càlcul de les càrregues tèrmiques es realitzarà mitjançant una fulla de càlcul elaborada amb les fórmules esmentades anteriorment. A continuació, procedim a calcular les càrregues tèrmiques de la sala-01:



(imatge 10: Vista en planta de la sala 1)

2.1- Refrigeració

Per a la realització del càlcul de les càrregues tèrmiques per refrigeració, s'haurà de tenir en compte tant les càrregues tèrmiques sensibles com les càrregues tèrmiques latents que es produeixen als tancaments, degut a la ventilació que haurem d'aportar, degut a les persones, a la il·luminació i a les màquines.

1- Càrrega tèrmica per transmissió per les parets:

Es la transmissió d'energia que es produeix per les parets degut a la diferència de temperatura entre l'interior i l'exterior i a la incidència dels rajos solars en aquestes.

– Paret Sud-Oest:

$$Q = S \cdot k \cdot DTCF$$

- S = Superfície sense finestres = 20,618 m².
- k = Coeficient de transmissió = 0,5 W/m²·K
- DTCF/CLTD = Diferència de temperatura equivalent de transmissió + radiació (°C)

El valor del CLTD depèn d'una sèrie de paràmetres com son:

- Latitud del lloc i mes de l'any considerat.
- Color i textura de la superfície del paràmetre exposat al sol.
- Temperatura interior del local.
- Temperatura exterior.
- Existència de cel ras o no (cas de teulades).

L'obtenció del CLTD es determina mitjançant una taula (Taula 6) basada en condicions de paràmetres normals que son:

- 40º latitud nord, 21 Juliol
- Color fosc = 1
- Temperatura interior = 25,5ºC
- Temperatura exterior = 29,4ºC
- Sense cel ras = 1
- Coeficient de convecció exterior = 15 W/m²·ºC
- Coeficient de convecció interior = 9 W/m²·ºC

Com que aquestes condicions establertes no són les que es donen en aquest cas, s'ha de buscar el valor CLTD_{CORR}.

$$CLTD_{CORR} = [(CLTD + LM) \cdot k + (25,5 - T_a) + (T_e - 29,4)]$$

- CLTD_{CORR} = diferència de temperatures corregides (ºC)
- CLTD = diferència de temperatures base (ºC) (Taula 6)
- LM = correcció per latitud i mes (Taula 7)
- k = factor per el color de la coberta (fosc = 1; normal = 0,75; clar = 0,5)
- T_a = temperatura ambient sota la coberta = 34ºC
- T_e = temperatura exterior = 24ºC

En aquest cas, tenint la paret orientada al Sur-Oest, el valor CLTD necessari s'haurà de buscar a la taula 6.

Una dada a tenir en compte és que els materials de construcció tenen aproximadament un calor específic de 0,23 W/m³·ºC i és proporcional al seu pes per metre quadrat, fet que permet entrar a les taules amb aquest paràmetre. D'aquesta manera els valors de la taula 6 variaran en funció del pes de les parets i les classificarà de les següents maneres.

Grup A: 700 kg/m²
 Grup B: 550 kg/m²
 Grup C: 400 kg/m²
 Grup D: 300 kg/m² (aquest és el nostre cas)
 Grup E: 225 kg/m²
 Grup F: 150 kg/m²
 Grup G: 80 kg/m²

Taula 6. Diferència de temperatura de càrrega de fred per al càlcul de càrregues de fred per parets il·luminades pel sol

Latitud	Hora solar, h																								H de	Mín-	Má-	Dife-			
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	CLTD	mo	ximo	rencia			
Norte con muro																															
Grupo A muros																															
N	8	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	2	6	8	2			
NE	11	11	10	10	10	9	9	9	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11	11	22	8	11	3			
E	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	14	14	14	14	14	14	22	10	14	4			
SE	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	13	13	13	13	22	10	13	3			
S	11	11	11	11	10	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	10	10	11	11	11	11	8	11	3			
SW	14	14	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	9	9	9	10	10	10	11	12	13	13	14	24	9	14	5			
W	15	15	15	14	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	13	14	14	15	1	10	15	5		
NW	12	12	11	11	11	11	10	10	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8	9	9	10	10	11	11	11	1	8	12	4		
Grupo B muros																															
N	8	8	8	7	7	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8	8	8	24	5	8	3			
NE	11	10	10	9	9	8	7	7	7	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12	12	11	11	21	7	12	5		
E	13	13	12	11	10	10	9	8	8	8	9	9	10	12	13	13	14	14	15	15	15	15	15	14	14	20	8	15	7		
SE	13	12	12	11	10	10	9	8	8	8	8	9	10	11	12	13	14	14	14	14	14	14	14	14	21	8	14	6			
S	12	11	11	10	9	9	8	7	7	6	6	6	6	7	8	9	10	11	11	12	12	12	12	12	23	6	12	6			
SW	15	15	14	13	13	12	11	10	9	9	8	8	7	7	8	9	10	11	13	14	15	15	16	16	24	7	16	9			
W	16	16	15	14	14	13	12	11	10	9	9	8	8	8	8	8	9	11	12	14	15	16	16	17	24	8	17	9			
NW	13	12	12	11	11	10	9	9	8	7	7	6	6	6	7	7	8	8	9	11	12	13	13	13	24	6	13	7			
Grupo C muros																															
N	9	8	7	7	6	5	5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	7	8	9	9	9	9	9	9	22	4	10	6			
NE	10	10	9	8	7	6	6	6	6	6	7	8	10	10	11	12	12	13	13	13	13	13	12	12	11	20	6	13	7		
E	13	12	11	10	9	8	7	7	7	8	9	11	13	14	15	16	16	17	17	16	16	16	16	15	14	13	18	7	17	10	
SE	13	12	11	10	9	8	7	6	7	7	9	10	12	14	15	16	16	16	16	16	16	16	15	14	13	19	6	16	10		
S	12	11	10	9	8	7	6	6	5	5	5	5	6	8	9	11	12	13	14	14	14	14	14	13	12	20	5	14	9		
SW	16	15	14	12	11	10	9	8	7	7	6	6	6	7	8	10	12	14	16	18	18	18	18	17	22	6	18	12			
W	17	16	15	14	12	11	10	9	8	7	7	7	7	7	8	9	11	13	16	18	19	20	19	18	22	7	20	13			
NW	14	13	12	11	10	9	8	7	6	6	5	5	6	6	6	7	9	10	12	14	15	15	15	15	22	5	15	10			
Grupo D muros																															
N	8	7	7	6	5	4	3	3	3	3	3	4	4	5	6	6	7	8	9	10	11	11	10	10	9	21	3	11	8		
NE	9	8	7	6	5	4	4	4	6	8	10	11	12	13	13	13	14	14	14	14	13	13	12	11	10	19	4	14	10		
E	11	10	8	7	6	5	5	5	7	10	13	15	17	18	18	18	18	17	17	16	15	13	12	16	5	18	13				
SE	11	10	9	7	6	5	5	5	5	7	10	12	14	16	17	18	18	18	17	17	16	15	14	12	17	5	18	13			
S	11	10	8	7	6	5	4	4	3	3	4	5	7	9	11	13	15	16	16	16	16	15	14	13	12	19	3	16	13		
SW	15	14	12	10	9	8	6	5	5	4	4	5	7	9	12	15	18	20	21	21	20	19	17	21	4	21	17				
W	17	15	13	12	10	9	7	6	5	5	5	5	6	6	8	10	13	17	20	22	23	22	21	19	21	5	23	18			
NW	14	12	11	9	8	7	6	5	4	4	4	4	5	6	7	8	10	12	15	17	18	17	16	15	22	4	18	14			
Grupo E muros																															
N	7	6	5	4	3	2	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	10	11	12	12	11	10	9	8	20	2	12	10			
NE	7	6	5	4	3	2	3	5	8	11	13	14	14	14	14	14	14	13	12	11	9	8	16	2	15	13					
E	8	7	6	5	4	3	6	10	15	18	20	21	21	20	19	18	18	17	15	14	12	11	9	13	3	21	18				
SE	8	7	6	5	4	3	3	4	7	10	14	17	19	20	20	19	18	17	16	14	13	11	10	15	3	20	17				
S	8	7	6	5	4	3	2	2	3	5	7	10	14	16	18	19	18	17	16	14	13	11	10	17	2	19	17				
SW	12	10	8	7	6	4	4	3	3	3	4	5	7	10	14	18	21	24	25	24	22	19	17	14	19	3	25	22			
W	14	12	10	8	6	5	4	3	3	4	4	5	6	8	11	15	20	24	27	27	25	22	19	16	20	3	27	24			
NW	11	9	8	6	5	4	3	3	3	3	4	5	6	7	9	11	14	18	21	21	20	18	15	13	20	3	21	18			
Grupo F muros																															
N	5	4	3	2	1	1	1	2	3	4	5	6	8	9	11	12	12	13	13	13	11	9	7	6	19	1	13	12			
NE	5	4	3	2	1	1	3	8	13	16	17	16	16	15	15	15	14	13	12	10	9	7	6	11	1	17	16				
E	5	4	3	2	2	1	4	9	16	21	24	25	24	22	20	19	18	17	15	13	11	10	8	7	12	1	25	24			
SE	5	4	3	2	2	1	2	6	10	15	20	23	24	23	22	20	19	17	16	14	12	10	8	7	13	1	24	23			
S	5	4	3	2	2	1	1	2	4	7	11	15	19	21	22	21	19	17	15	12	10	8	7	16	1	22	21				
SW	8	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	6	10	14	20	24	28	30	29	25	20	16	13	10	18	1	30	29			
W	9	7	5	4	3	2	2	2	2	3	4	6	8	11	16	22	27	32	33	30	24	19	15	12	19	2	33	31			
NW	8	6	4	3	2	2	1	1	2	3	4	6	7	9	12	15	19	24	26	24	20	16	12	10	19	1	26	25			
Grupo G muros																															
N	2	1	0	0	0	1	4	5	5	7	8	10	12	13	13	14	14	15	12	8	6	5	4	3	18</						

Pel que fa al valor LM, s'ha de buscar a la taula 7. En aquest cas, Sant Fruitós de Bages té una latitud de 41º i el dia més calorós es el 21 de Juliol a les 15:00 hores.

Taula 7. CLTD Correccions per latitud i mes, aplicades a parets i sostres, latitud Nord

Latitud	Mes	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
0	Dic	-1.6	-2.7	-2.7	-2.7	-1.1	0.0	1.6	3.3	5.0	-0.5
	en/nov	-1.6	-2.7	-2.2	-2.2	-0.5	0.0	1.1	2.2	3.8	-0.5
	feb/oct	-1.6	-1.1	-1.1	-1.1	-0.5	-0.5	0.0	-0.5	3.8	-0.0
	mar/sep	-1.6	0.0	0.5	-0.5	-0.5	-1.6	-1.6	-2.7	-4.4	0.0
	abril/ago	2.7	2.2	1.6	0.0	-1.1	-2.7	-3.3	-4.4	-4.4	-1.1
	mayo/jul	5.5	3.8	2.7	0.0	-1.6	-3.8	-4.4	-5.0	-4.4	-2.2
8	junio	6.6	5.0	2.7	0.0	-1.6	-3.8	-5.0	-5.5	-4.4	-2.7
	Dic	-2.2	-3.3	-3.3	-3.3	-1.6	0.0	2.2	4.4	6.6	-2.7
	en/nov	-1.6	-2.7	-3.3	-2.7	-1.1	0.0	1.6	3.3	5.5	-2.2
	feb/oct	-1.6	-2.2	-1.6	-1.6	-0.5	-0.5	0.5	1.1	2.2	-0.5
	mar/sep	-1.6	-1.1	-0.5	-0.5	-0.5	-1.1	-1.1	-1.6	-2.2	0.0
	abril/ago	1.1	1.1	1.1	0.0	-0.5	-2.2	-2.7	-3.8	-3.8	-0.5
16	mayo/jul	3.8	2.7	2.2	0.0	-1.1	-2.7	-3.8	-5.0	-3.8	-1.1
	junio	5.0	3.3	2.2	0.0	-1.1	-3.3	-4.4	-5.0	-3.8	-1.1
	Dic	-2.2	-3.3	-4.4	-4.4	-2.2	-0.5	2.2	5.0	7.2	-5.0
	en/nov	-2.2	-3.3	-3.8	-3.8	-2.2	-0.5	2.2	4.4	6.6	-3.8
	feb/oct	-1.6	-2.7	-2.7	-2.2	-1.1	0.0	1.1	2.7	3.8	-2.2
	mar/sep	-1.6	-1.6	-1.1	-1.1	-0.5	-0.5	0.0	0.0	0.0	-0.5
24	abril/ago	-0.5	0.0	-0.5	-0.5	-0.5	-1.6	-1.6	-2.7	-3.3	0.0
	mayo/jul	2.2	1.6	1.6	0.0	-0.5	-2.2	-2.7	-3.8	-3.8	0.0
	junio	3.3	2.2	2.2	0.5	-0.5	-2.2	-3.3	-4.4	-3.8	0.0
	Dic	-2.7	-3.8	-5.0	-5.5	-3.8	-1.6	1.6	5.0	7.2	-7.2
	en/nov	-2.2	-3.3	-4.4	-5.0	-3.3	-1.6	1.6	5.0	7.2	-6.1
	feb/oct	-2.2	-2.7	-3.3	-3.3	-1.6	-0.5	1.6	3.8	5.5	-3.8
32	mar/sep	-1.6	-2.2	-1.6	-1.6	-0.5	-0.5	0.5	1.1	2.2	-1.6
	abril/ago	-1.1	-0.5	0.0	-0.5	-0.5	-1.1	-0.5	-1.1	-1.6	0.0
	mayo/jul	0.5	1.1	1.1	0.0	0.0	-1.6	-1.6	-2.7	-3.3	0.5
	junio	1.6	1.6	1.6	0.5	0.0	-1.6	-2.2	-3.3	-3.3	0.5
	Dic	-2.7	-3.8	-5.5	-6.1	-4.4	-2.7	1.1	5.0	6.6	-9.4
	en/nov	-2.7	-3.8	-5.0	-6.1	-4.4	-2.2	1.1	5.0	6.6	-8.3
40	feb/oct	-2.2	-3.3	-3.8	-4.4	-2.2	-1.1	2.2	4.4	6.1	-5.5
	mar/sep	-1.6	-2.2	-2.2	-2.2	-1.1	-0.5	1.6	2.7	3.8	-2.7
	abril/ago	-1.1	-1.1	-0.5	-1.1	0.0	-0.5	0.0	0.5	0.5	-0.5
	mayo/jul	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	-0.5	-0.5	-1.6	-1.6	0.5
	junio	0.5	1.1	1.1	0.5	0.0	-1.1	-1.1	-2.2	-2.2	1.1
	Dic	-3.3	-4.4	-5.5	-7.2	-5.5	-3.8	0.0	3.8	5.5	-11.6
48	en/nov	-2.7	-3.8	-5.5	-6.6	-5.0	-3.3	0.5	4.4	6.1	-10.5
	feb/oct	-2.7	-3.8	-4.4	-5.0	-3.3	-1.6	1.6	4.4	6.6	-7.7
	mar/sep	-2.2	-2.7	-2.7	-3.3	-1.6	0.5	2.2	3.8	5.5	-4.4
	abril/ago	-1.1	-1.6	-1.1	-1.1	0.0	0.0	1.1	1.6	2.2	1.6
	mayo/jul	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
	junio	0.5	0.5	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	-0.5	-0.5	1.1
56	Dic	-3.3	-4.4	-6.1	-7.7	-7.2	-5.5	-1.6	1.1	3.3	-13.8
	en/nov	-3.3	-4.4	-6.1	-7.2	-6.1	-4.4	-0.5	2.7	4.4	-13.3
	feb/oct	-2.7	-3.8	-5.5	-6.1	-4.4	-2.7	0.5	4.4	6.1	-10.0
	mar/sep	-2.2	-3.3	-3.3	-3.8	-2.2	-0.5	2.2	4.4	6.1	-6.1
	abril/ago	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-0.5	0.0	2.2	3.3	3.8	-2.7
	mayo/jul	0.0	-0.5	0.0	0.0	0.5	0.5	1.6	1.6	2.2	0.0
64	junio	0.5	0.5	1.1	0.5	1.1	0.5	1.1	1.1	1.6	1.1
	Dic	-8.8	-5.0	-6.6	-8.8	-9.4	-10.0	-8.8	-7.7	-6.6	-16.6
	en/nov	-3.8	-5.0	-6.6	-8.8	-8.8	-8.8	-7.2	-5.5	-4.4	-16.1
	feb/oct	-3.3	-4.4	-6.1	-7.7	-7.2	-5.5	-2.2	0.5	2.2	-14.4
	mar/sep	-2.7	-3.8	-5.0	-5.5	-3.8	-2.2	1.1	3.8	6.1	-11.1
	abril/ago	-1.6	-2.2	-2.2	-2.2	-0.5	0.5	2.7	5.0	6.1	-6.1
	mayo/jul	0.5	0.0	0.5	0.0	1.6	2.2	3.3	4.4	5.5	-1.6
	junio	1.1	1.1	1.1	1.1	2.2	2.2	3.3	3.8	5.0	0.0

(1) La corrección se aplica directamente a las CLTD para paredes y techos dados en las tablas 5 y 7.
(2) Las correcciones a las CLTD dadas en esta tabla no son aplicables a la tabla 10.
Diferencia de temperaturas para cargas de frío en conducción a través de vidrio.
(3) Para altitudes Sur, sustituir enero por diciembre, y julio por junio.

El valor per una paret situada al Sud-Oest = 0.

Pel que fa al factor k (factor segons el color de la coberta) se li considera 0,5.

Temperatura exterior = 34ºC

Temperatura interior = 24ºC

$$CLTD_{CORR} = [(21+0) \cdot 0,5 + (25,5 - 24) + (34 - 29,4)] \rightarrow CLTD_{CORR} = 16,6^{\circ}\text{C}$$

Per tant, la càrrega tèrmica de la paret Sud-oest:

$$Q = 20,618 m^2 \cdot 0,5 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 16,6^\circ C \rightarrow Q = \underline{171,13 W}$$

– Paret Sud-Est:

$$Q = S \cdot K \cdot DTCF$$

- Superfície sense finestres = 8,294 m².
- Coeficient de transmissió = 0,5 W/m²·K
- DTCF/CLTD = Diferència de temperatura equivalent de transmissió + radiació (°C)

$$CLTD_{CORR} = [(18 + 0) \cdot 0,5 + (25,5 - 24) + (34 - 29,4)] \rightarrow CLTD_{CORR} = 15,1^\circ C$$

Per tant, la càrrega tèrmica de la paret Sud-Oest:

$$Q = 8,294 m^2 \cdot 0,5 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 15,1^\circ C \rightarrow Q = \underline{62,62 W}$$

$$CÀRREGA TÈRMICA DE LES PARETS = 171,13 + 62,62 = \underline{233,75 W}$$

2- Càrrega tèrmica per tancaments translúcids:

És la transferència d'energia que se'ns produeix a través dels vidres degut a la incidència dels rajos solars.

– Vidres paret Sud-Oest:

Càrrega per conducció: $Q = k \cdot S \cdot DTCF$

- k = Coeficient de transmissió = 2,7 W/m²·K
- S = Superfície de transmissió = 4 finestres · (0,975m · 1,6m) = 6,24 m²
- DTCF/CLTD = Diferència de temperatura equivalent de transmissió + radiació (°C).

$$Q = 6,24 m^2 \cdot 2,7 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 16,6^\circ C \rightarrow Q = \underline{279,68 W}$$

Càrrega solar: $Q = S \cdot MGS \cdot FC \cdot FS$

- S = Superfície de transmissió = 6,24 m²
- MGS = Màxim guany solar basada en la latitud, orientació, mes, dia i hora.
- FC = Factor de càrrega basat en el tipus de construcció, l'hora del càlcul i la orientació.
- FS = Factor de sobra, basat en el tipus de protecció i la situació interior i exterior.

Per al valor MGS, es segueixen les taules facilitades per l'ASHRAE (Taula 8) on prenent els 40º de latitud per al més de Juliol a les 15:00 hores s'obtenen les següents dades:

N (ombra): 120 W/m²
 NNE – NNO: 322 W/m²
 NE – NO: 514 W/m²
 ENE – ONO: 625 W/m²
 E – O: 681 W/m²
 ESE – OSO: 641 W/m²
 SE – SO: 536 W/m²
 SSE – SSO: 681 W/m²
 S: 344 W/m²
 Horizontal: 827 W/m²

Taula 8. Factor del màxim guany solar

Table 11 Maximum Solar Heat Gain Factor, W/m ² for Sunlit Glass, North Latitudes (concluded)											
40 Deg											
N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR		
Jan.	63	63	63	233	486	647	760	795	801	420	
Feb.	76	76	158	407	587	738	776	770	760	568	
Mar.	91	91	293	533	688	751	745	681	650	704	
Apr.	107	224	441	599	707	704	640	536	486	795	
May	117	322	521	637	694	656	552	420	357	836	
June	151	357	543	647	681	628	508	366	300	842	
July	120	322	514	625	681	641	536	681	344	827	
Aug.	110	224	426	584	681	675	618	536	470	779	
Sep.	95	95	274	505	640	716	713	659	631	678	
Oct.	79	79	154	388	568	710	751	745	738	558	
Nov.	63	63	63	230	476	634	748	782	789	416	
Dec.	57	57	57	189	476	593	732	786	798	357	

60 Deg											
N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR		
Jan.	22	22	22	22	145	278	410	480	517	66	
Feb.	41	41	41	183	372	530	644	710	729	215	
Mar.	63	63	177	394	546	678	738	760	764	404	
Apr.	85	186	372	530	650	700	710	694	688	562	
May	136	309	470	606	669	694	666	625	612	656	
June	183	347	511	622	672	678	637	587	571	685	
July	139	306	464	596	656	678	650	609	599	653	
Aug.	88	180	360	508	628	675	685	672	666	555	
Sep.	66	66	158	363	505	637	700	722	729	388	
Oct.	44	44	44	177	350	502	609	678	697	21	
Nov.	22	22	22	22	142	271	401	467	505	69	
Dec.	13	13	13	13	50	161	240	316	338	28	

44 Deg											
N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR		
Jan.	54	57	54	202	640	596	732	782	795	344	
Feb.	69	69	136	369	562	716	776	782	779	505	
Mar.	85	85	274	511	666	745	751	707	688	650	
Apr.	104	208	429	57	697	707	663	577	540	757	
May	114	303	511	634	691	666	577	467	416	811	
June	148	341	533	647	678	640	540	416	363	823	
July	117	303	502	624	678	650	565	454	404	801	
Aug.	107	208	416	568	675	678	637	558	521	745	
Sep.	88	88	252	480	625	713	716	681	666	628	
Oct.	73	73	133	350	540	685	748	757	754	495	
Nov.	57	57	57	202	426	587	716	770	782	344	
Dec.	47	47	47	155	363	552	685	757	776	281	

64 Deg											
N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR		
Jan.	9	9	9	9	47	142	211	281	303	25	
Feb.	35	35	35	136	281	454	558	637	663	142	
Mar.	57	57	148	357	502	640	713	745	754	331	
Apr.	79	186	357	514	634	691	710	710	707	505	
May	151	306	473	596	666	694	678	653	644	606	
June	196	360	511	609	672	681	656	618	609	640	
July	155	303	467	587	653	678	666	637	631	606	
Aug.	85	183	344	495	609	666	685	685	685	502	
Sep.	60	60	136	325	467	596	672	707	716	319	
Oct.	35	35	35	126	262	426	527	603	628	145	
Nov.	13	13	13	13	47	139	208	274	293	25	
Dec.	0	0	0	0	3	15	35	44	47	3	

El factor de càrrega (FC), és un valor que varia en funció de qui absorbirà la calor dels rajos del sol que travessin el vidre. En funció de si aquesta energia és absorbida pel terra o per unes cortines i depenent del tipus de construcció, aquest factor variarà. Obtenim la següent taula de l'ASHRAE (Taula 9):

L = lleugeres = aproximadament 150 kg/m² de terra
 M = mitjanes = aproximadament 345 kg/m² de terra
 H = pesades = aproximadament 635 kg/m² de terra

Taula 9. Factor de càrrega per refrigeració en vidres sense cortines

Fenestration Facing	Room Construction	Solar Time, h																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N (Shaded)	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.75	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.75	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NNE	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.30	0.26	0.20	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.30	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.28	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.20	0.34	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
ESE	L	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06
	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
	H	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.19	0.32	0.43	0.50	0.52	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
SSE	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.15	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.60	0.52	0.45	0.40	0.35	0.29	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08
	M	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.48	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12
	H	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.12	0.19	0.29	0.40	0.49	0.54	0.55	0.51	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.37	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SSW	L	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.23	0.19	0.15	0.12
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.59	0.53	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.37	0.46	0.53	0.57	0.55	0.49	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.23	0.19	0.17
WSW	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.17	0.26	0.40	0.52	0.62	0.66	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.58	0.55	0.42	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.26	0.36	0.46	0.53	0.56	0.51	0.38	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17	0.14
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16
WSW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.26	0.40	0.53	0.63	0.62	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.24	0.35	0.47	0.55	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.25	0.36	0.46	0.53	0.52	0.38	0.30	0.24	0.20	0.18	0.16
SW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.42	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
SSW	L	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.44	0.57	0.62	0.44	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.51	0.56	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.12	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.26	0.28	0.28	0.31	0.38	0.49	0.53	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16
SE	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.56	0.47	0					

Vidre nu	Absorbent	0,69
Vidre nu	Antiavalots	0,82
Vidre nu	Antibales	0,8
Vidre nu	Doble	0,88
Vidre nu	Doble absorbent	0,55
Vidre nu	Triple	0,78
Vidre nu	Polycarbonat	0,98
Vidre amb cortina interior clara	Simple	0,55
Vidre amb gradulux	Simple	0,57
Vidre amb toldo exterior	Simple	0,22
Vidre amb persiana veneciana	Simple	0,16

En aquest cas, l'edifici consta de vidres dobles absorbents amb una persiana veneciana fet que redueix el coeficient típic del vidre doble de 0,55 a FS igual a 0,43.

Per tant, la càrrega tèrmica solar dels vidres de la paret Sud-Oest:

$$Q = 6,24 m^2 \cdot 536 \frac{W}{m^2} \cdot 0,53 \cdot 0,43 \rightarrow Q = \underline{762,24W}$$

– Vidres paret Sud-Est:

Càrrega per conducció: $Q = k \cdot S \cdot DT_{CF}$

- k = Coeficient de transmissió = 2,7 W/m²·K
- S = Superfície de transmissió = 3 finestres · (0,975m · 1,6m) = 4,68m²
- DT_{CF}/CLTD = Diferència de temperatura equivalent de transmissió + radiació (°C).

$$Q = 2,7 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 4,68 m^2 \cdot 15,1 ^\circ C \rightarrow Q = \underline{190,8 W}$$

Càrrega solar: $Q = S \cdot MGS \cdot FC \cdot FS$

- S = Superfície de transmissió = 4,68m²
- MGS = 536
- FC = 0,36
- FS = 0,43

$$Q = 4,68 m^2 \cdot 536 \frac{W}{m^2} \cdot 0,36 \cdot 0,43 \rightarrow Q = \underline{388,31W}$$

CÀRREGA TÈRMICA DELS VIDRES = 279,68W + 190,8W + 762,24W + 388,31W = **1621,04W**

3- Càrrega tèrmica deguda al terra:

El fet de tenir un espai climatitzat en contacte amb el terra que està a diferent temperatura genera una càrrega tèrmica a tenir en compte.

$$Q = S \cdot K \cdot \Delta T$$

- S = Superfície del terra = 51,55 m².
- k = Coeficient de transmissió = 1 W/m²·K
- DT = Diferència de temperatures = T_{ext} – T_{int} = 5 °C

En el cas estudiat, les oficines estan situades en un primer pis just per sobre del taller mecànic i el magatzem que estan climatitzats amb les següents condicions:

- Temperatura màxima = 29°C (cas actual)
- Temperatura mínima = 18°C

$$Q = 51,55 \text{ m}^2 \cdot 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot (29^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C}) \rightarrow Q = \underline{257,75\text{W}}$$

CÀRREGA TÈRMICA DEL TERRA = **257,75W**

4- Càrrega tèrmica deguda al sostre:

És la càrrega tèrmica soferta degut a la diferència de temperatures entre l'interior i l'exterior i degut als rajos solars. S'utilitza la mateixa formula que per calcular la càrrega tèrmica de les parets.

$$Q = S \cdot k \cdot DT_{CF}$$

- S = Superfície del sostre = 51,55 m².
- k = Coeficient de transmissió = 0,5 W/m²·K
- DT_{CF}/CLTD = Diferència de temperatura equivalent de transmissió + radiació (°C)

En el cas del sostre, l'obtenció del CLTD es determina mitjançant una taula (Taula 11) basada en les mateixes condicions de paràmetres normals que la CLTD de les parets.

Com que les condicions esmentades no són les donades en aquest cas, s'ha de buscar el valor CLTD_{CORR}.

$$CLTD_{CORR} = [(CLTD + LM) \cdot k + (25,5 - T_a) + (T_e - 29,4)] \cdot f$$

- CLTD_{CORR} = diferència de temperatures corregides (°C)
- CLTD = diferència de temperatures base al sostre (°C) (Taula 11)
- LM = correcció per latitud i mes (Taula 7)
- k = factor per el color de la coberta (fosc = 1; normal = 0,75; clar = 0,5)
- T_a = temperatura ambient sota la coberta (°C)
- T_e = temperatura exterior (°C)

- f = correcció per cel ras (sense cel ras = 1, amb cel ras = 0,75)

El sostre del cas estudiat equivaldria al sostre número 3 no suspès de la taula facilitada per l'ASHRAE que es mostra a continuació:

Taula 11. Diferències de temperatura per al càlcul de càrregues de fred en sostres plans

Tabla 5. Diferencias de temperatura para cálculo de cargas de frío en techos planos

Techo núm.	Tipo de construcción	Masa kg/m ²	U-valor W/ m ² ·°C	Hora solar, h																								Hora de máximo				Mín.	Máx.	Dif.
				010002000300040005000600070008000900100011001200130014001500160017001800190020002100220023002400	CLTD	CLTD	CLTD	CLTD																										
Without Suspended Ceiling																																		
1	Chapa de acero con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento	34 (39)	1.209 (0.704)	0	-1	-2	-2	-3	-2	3	11	19	27	34	40	43	44	43	39	33	25	17	10	7	5	3	1	14	-3	44	47			
2	25,4 mm de madera con 25,4 mm aislamiento	39	0.965	3	2	0	-1	-2	-2	-1	2	8	15	22	29	35	39	41	41	39	35	29	21	15	11	8	5	16	-2	41	43			
3	101,6 mm l.w. hormigón	88	1.209	5	3	1	0	-1	-2	-2	1	5	11	18	25	31	36	39	40	40	37	32	25	19	14	10	7	16	-2	40	42			
4	50,8 mm h.w. hormigón 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento	142	1.170 (0.693)	7	5	3	2	0	-1	0	2	6	11	17	23	28	33	36	37	37	34	30	25	20	16	12	10	16	-1	37	38			
5	25,4 mm de madera con 50,8 mm aislamiento	44	0.619	2	0	-2	-3	-4	-4	-4	-2	3	9	15	22	27	32	35	36	35	32	27	20	14	10	6	3	16	-4	36	40			
6	152,4 mm l.w. de hormigón	117	0.897	12	10	7	5	3	2	1	0	2	4	8	13	18	24	29	33	35	36	35	32	28	24	19	16	18	0	36	36			
7	63,5 mm de madera con 25,4 mm de aislamiento	63	0.738	16	13	11	9	7	6	4	3	4	5	8	11	15	19	23	27	29	31	31	30	27	25	22	19	19	3	31	28			
8	203,2 mm l.w. hormigón	151	0.715	20	17	14	12	10	8	6	5	4	4	5	7	11	14	18	22	25	28	30	30	29	27	25	22	20	4	30	26			
9	101,6 mm h.w. de hormigón con 25,4 mm (o 50,8 mm de aislamiento)	254 (254)	1.136 (0.681)	14	12	10	8	7	5	4	4	6	8	11	15	18	22	25	28	29	30	29	27	24	21	19	16	18	4	30	26			
10	63,5 mm de madera con 50,8 mm de aislamiento	63	0.528	18	15	13	11	9	8	6	5	5	5	7	10	13	17	21	24	27	28	29	29	27	25	23	20	19	5	29	24			
11	Sistema de techo bajo terraza	366	0.602	19	17	15	14	12	11	9	8	7	8	8	10	12	15	18	20	22	24	25	26	25	24	22	21	20	7	26	19			
12	152,4 mm h.w. de hormigón con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento	366 (366)	1.090 (0.664)	18	16	14	12	11	10	9	8	8	9	10	12	15	17	20	22	24	25	25	25	24	22	20	19	19	8	25	17			
13	101,6 mm de madera con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento	83 (88)	0.602 (0.443)	21	20	18	17	15	14	13	11	10	9	9	10	12	14	16	18	20	22	23	24	24	23	22	22	9	24	15				
Techo suspendido																																		
1	Chapa de acero con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento	44 (49)	0.761 (0.522)	1	0	-1	-2	-3	-3	0	5	13	20	28	35	40	43	43	41	37	31	23	15	10	7	5	3	15	-3	43	46			
2	25,4 mm de madera con 25,4 mm de aislamiento	49	0.653	11	8	6	5	3	2	1	2	4	7	12	17	22	27	31	33	35	34	32	28	24	20	17	14	17	1	35	34			
3	101,6 mm l.w. de hormigón	97	0.761	10	8	6	4	2	1	0	0	2	6	10	16	21	27	31	34	36	36	34	30	26	21	17	13	17	0	36	36			
4	50,8 mm h.w., de hormigón con 25,4 mm aislamiento	146	0.744	16	14	13	11	10	8	7	7	8	9	11	14	17	19	22	24	25	26	26	25	23	21	20	18	18	7	26	19			
5	25,4 mm de madera con 50,8 mm de aislamiento	49	0.471	14	11	9	7	5	4	3	3	4	6	10	14	18	23	27	30	31	32	31	29	26	22	19	16	18	3	32	30			
6	152,4 mm l.w. hormigón	127	0.619	18	15	13	11	9	7	6	4	4	4	6	9	12	16	20	24	27	29	30	30	28	26	23	20	20	4	30	26			
7	63,5 mm de madera con 25,4 mm de aislamiento	73	0.545	19	18	16	14	13	12	10	9	8	8	9	10	12	14	17	19	21	23	24	25	24	23	22	21	20	8	25	17			
8	203,2 mm l.w. hormigón	161	0.528	22	20	18	16	15	13	11	10	9	8	8	9	11	14	16	19	21	23	25	25	25	24	23	20	8	25	17				
9	101,6 mm h.w. de hormigón con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento	259 (264)	0.727 (0.511)	17	16	15	14	13	13	12	11	11	11	12	13	15	16	18	19	20	21	21	21	21	20	19	18	19	11	21	10			
10	63,5 mm de madera con 50,8 mm de aislamiento	73	0.409	19	18	17	16	14	13	12	11	10	10	10	11	12	14	16	18	19	21	22	23	23	22	22	21	21	10	23	13			
11	Sistema de techo bajo terraza	376	0.466	17	16	16	15	15	14	13	13	13	12	12	13	13	14	15	16	16	17	18	18	19	18	18	18	21	12	19	7			
12	152,4 mm h.w. de hormigón con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento	376 (376)	0.710 (0.499)	16	16	15	15	14	13	13	12	12	12	12	13	14	15	16	17	18	18	19	19	19	18	18	18	20	12	19	7			
13	101,6 mm de madera con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento	93 (97)	0.465 (0.363)	20	19	19	18	17	16	15	14	14	13	12	12	12	13	14	15	16	18	19	20	20	20	20	23	12	20	8				

(1) Aplicaciones directas de la tabla 5 sin correcciones:

Los valores de la tabla 5 han sido calculados según las siguientes condiciones:

- Techo plano con superficie oscura («oscuro») para la absorción de la radiación solar).
- Temperatura interior 25,5 °C.
- Temperatura máxima exterior 35 °C con temperatura media exterior de 29,4 °C y una variación exterior diaria de 11,6 °C.
- Radiación solar típica para 40 ° latitud Norte, el 21 de julio.
- Resistencia de la superficie exterior $R_o = 0,059 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.
- Con o sin techo suspendido, pero sin ventilador en la cámara de cielo raso ni conductos de retorno de aire suspendidos en dicha cámara.
- Resistencia de la superficie interior $R_i = 0,121 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

(2) Valores de las correcciones sobre la tabla 5:

Las siguientes ecuaciones son procedimientos para las desviaciones o errores de proyecto y condiciones solares del listado superior (1)

$$CLTD_{cor} = [(CLTD + LM) \cdot K + (25,5 - T_o) + (T_o - 29,4)] \cdot f$$

donde: CLTD está en la tabla

(n) LM es la corrección mensual de latitud en la tabla 9 para una superficie horizontal

(b) K es el factor de corrección de calor que se aplica después de las primeras rectificaciones en el método de latitud-mes. No está acreditado su uso para el coloreado del techo, excepto cuando la permanencia del color del alumbrado se establece experimentalmente, como es el caso de zonas rurales o con ligera cantidad de humo.

$K = 1,0$ si el color es oscuro o en iluminación de zonas industriales.

$K = 0,5$ si el color de la luz es permanente (zonas rurales).

(c) $(25,5 - T_o)$ corrección de la temperatura interior de proyecto.

(d) $(T_o - 29,4)$ corrección de la temperatura exterior, cuando T_o es el promedio de la temperatura exterior diaria de proyecto.

(e) f es el factor para cámara de cielo raso ventilado y/o conductos por encima del techo y se aplica después de haber realizado todas las demás correcciones.

$f = 1,0$ sin conductos en cámara cielo raso.

$f = 0,75$ ventilación positiva.

Los valores de la tabla 5 han sido calculados con o sin techo suspendido, pero sin que suponga merma en la ventilación pasiva o en el espacio de los conductos de retorno. Si el techo está aislado y se utiliza ventilación entre el techo y el suelo, CLTD puede reducirse en un 25 por 100 ($f = 0,75$). Se utiliza el espacio sobre el techo suspendido para pleno de retorno de aire o cuando puedan ser analizados separadamente los conductos de retorno de aire.

El CLTD del sostre és el valor més elevat de la taula, 40°C.

Pel que fa al valor LM, s'haurà de buscar a la Taula 7 ja que la taula és la mateixa que per parets. En aquest cas, LM igual a 0,5.

$$DTCF/CLTD_{CORR} = [(40 + 0,5) \cdot 0,75 + (25,5 - 24) + (34 - 29,4)] \cdot 0,75 = 27,36^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 51,55 \text{ m}^2 \cdot 0,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 27,36^{\circ}\text{C} = 705\text{W}$$

CÀRREGA TÈRMICA DEL SOSTRE = **705W**

5- Càrrega tèrmica per ocupació:

És l'energia que s'aporta a l'edifici a través de les persones. Aquesta energia, es representa tant en càrrega sensible com en càrrega latent i varia en funció de l'activitat que estigui realitzant l'individu.

$$Q_{\text{sensible}} = N \cdot q_{\text{sens}} \cdot FC$$

- N = Número de persones = 6
- q_{sens} = Calor sensible = 65W
- FC = Factor de càrrega = 0,87

$$Q_{\text{latent}} = N \cdot q_{\text{latent}}$$

- N = Número de persones = 6
- q_{latent} = Calor latent = 55W

A la següent taula obtinguda de l'ASHRAE (Taula 12) es mostren els valors de calor latent i calor sensible en funció de l'activitat que realitzi la persona:

Taula 12. Calor aportat en funció de les activitats realitzades

Grau de l'activitat	Aplicació	Calor Sensible (W)	Calor Latent (W)
Assegut en repòs	Teatre	60	40
Assegut en oficines	Oficina	65	55
Assegut menjant	Restaurant	75	95
Assegut mecanògraf	Oficina	75	75
Dret feina lleugera	Magatzem	90	95
Dret feina lleugera	Factoria	100	130
Caminant	Factoria	100	205
Feina pesada	Factoria	165	300
Feina atlètica	Gimnàs	185	340

Com en altres casos, aquest calor sensible pateix un retard a la càrrega tèrmica a considerar en funció de les hores que dura la jornada. Es pren com a dada pro-mitja un FC = 0,87.

El calor latent es considera com una càrrega instantània.

Tenint en compte que el cas estudiat es un complex d'oficines, les càrregues tèrmiques procedents de l'ocupació seran les següents:

$$Q_{\text{sensible}} = 6\text{pers} \cdot 65\text{W} \cdot 0,87 = \underline{339,3\text{W}}$$

$$Q_{\text{latent}} = 6\text{pers} \cdot 55\text{W} = \underline{330\text{W}}$$

$$\text{CÀRREGA TÈRMICA DEGUT A L'OCUPACIÓ} = 339,3 + 330 = \underline{669,3\text{W}}$$

6- Càrrega tèrmica per il·luminació:

La il·luminació, constitueix una font de calor sensible que s'emet per radiació, convecció i conducció. Un percentatge del calor emes per radiació és absorbida pels materials del local.

Les làmpades d'incandescència transformen en llum un 10% de l'energia absorbida, mentre que la resta la transformen en calor que es dissipa per radiació, convecció i conducció. Pel que fa als fluorescents, transformen un 25% de l'energia absorbida en llum, dissipen un 25% per radiació i la resta la dissipen per conducció i convecció.

$$Q = W \cdot FC \cdot S$$

- W = Potència instal·lada = 20W/m²
- FC = Factor de càrrega = 0,81
- S = Superfície = 51,55 m²

L'ASHRAE facilita una taula on es classifiquen els tipus d'il·luminació a tenir en compte a l'hora de calcular les càrregues tèrmiques:

Poca	15 W/m ²
Normal	20 W/m ²
Excel·lent	25 W/me

En aquest cas, la il·luminació que s'instal·larà a les oficines tindrà un consum normal de 20W/m².

Pel que fa al factor de càrrega (FC) s'ha de tenir en compte que la il·luminació s'utilitza durant la jornada laboral (12 hores) però no afecta directament si no que es gradual. Segons l'ASHRAE, amb un terra fet de formigó simple veiem a la taula 13 quin es el valor que ens correspon.

Taula 13. Factor de càrrega de refredament quan les llums estan enceses 12 hores

		0.08	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86	0.87	0.87	0.88	0.89	0.89	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05		
Table 17C Cooling Load Factors When Lights Are on for 12 Hours																																		
"a" Coef- ficients	"b" Class- ification	Number of hours after lights are turned on																																
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23									
0.45	A	0.05	0.49	0.59	0.67	0.73	0.78	0.83	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.51	0.41	0.33	0.27	0.22	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06									
	B	0.13	0.57	0.61	0.65	0.69	0.72	0.75	0.77	0.79	0.82	0.83	0.85	0.87	0.43	0.39	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.18	0.17	0.15									
	C	0.19	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.74	0.76	0.77	0.79	0.80	0.81	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20									
	D	0.22	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.74	0.75	0.76	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.26	0.25	0.24	0.23									
0.55	A	0.04	0.58	0.66	0.73	0.78	0.82	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.42	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05									
	B	0.11	0.65	0.68	0.72	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.88	0.89	0.35	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12									
	C	0.15	0.69	0.71	0.73	0.75	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81	0.83	0.84	0.85	0.30	0.29	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16									
	D	0.18	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.76	0.77	0.78	0.78	0.79	0.80	0.81	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23	0.22	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16								
0.65	A	0.03	0.67	0.74	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04									
	B	0.09	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82	0.84	0.85	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.27	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10									
	C	0.12	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81	0.83	0.84	0.85	0.86	0.86	0.87	0.88	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12									
	D	0.14	0.79	0.79	0.80	0.80	0.81	0.82	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15									
0.75	A	0.02	0.77	0.81	0.85	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03									
	B	0.06	0.81	0.82	0.84	0.86	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.19	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07									
	C	0.09	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.88	0.89	0.90	0.90	0.91	0.91	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09									
	D	0.10	0.85	0.85	0.86	0.86	0.86	0.87	0.87	0.87	0.88	0.88	0.88	0.89	0.89	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11								
Table 17D Cooling Load Factors When Lights Are on for 14 Hours																																		
"a" Coef- ficients	"b" Class- ification	Number of hours after lights are turned on																																
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23									
0.45	A	0.07	0.51	0.61	0.68	0.74	0.79	0.83	0.87	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.53	0.42	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09									
	B	0.18	0.61	0.65	0.68	0.72	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.88	0.89	0.90	0.46	0.41	0.37	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20									
	C	0.24	0.67	0.69	0.71	0.73	0.74	0.76	0.77	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.41	0.39	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25									
	D	0.26	0.71	0.72	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.78	0.79	0.80	0.80	0.80	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28									
0.55	A	0.06	0.69	0.68	0.74	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.43	0.35	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.09	0.08									
	B	0.15	0.68	0.71	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.38	0.34	0.31	0.27	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16									
	C	0.19	0.73	0.75	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.88	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21									
	D	0.22	0.76	0.77	0.77	0.78	0.79	0.79	0.80	0.81	0.81	0.82	0.82	0.83	0.83	0.84	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23									
0.65	A	0.05	0.69	0.75	0.80	0.84	0.87	0.89	0.92	0.93	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.34	0.27	0.22	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06									
	B	0.11	0.75	0.78	0.80	0.82	0.84	0.85	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.29	0.26	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13									
	C	0.15	0.79	0.80	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.25	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16									
	D	0.17	0.81	0.82	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86	0.87	0.87	0.87	0.23	0.22	0.22	0.21	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18								
0.75	A	0.03	0.78	0.82	0.86	0.88	0.91	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.24	0.19	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.04									
	B	0.08	0.82	0.84	0.86	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09									
	C	0.11	0.85	0.86	0.87	0.88	0.88	0.89	0.90	0.90	0.91	0.91	0.92	0.92	0.93	0.93	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11									
	D	0.12	0.87	0.87	0.87	0.88	0.88	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.91	0.91	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13							
In general, the instantaneous rate of heat gain is the same as the average rate of heat gain.																																		

El factor de càrrega serà de 0,81.

$$Q = 20 \frac{W}{m^2} \cdot 0,81 \cdot 51,55 m^2 \rightarrow Q = \underline{835,11W}$$

CÀRREGA TÈRMICA DEGUT A LA IL·LUMINACIÓ = **835,11W**

7- Càrrega tèrmica per màquines:

L'aportació de calor de les màquines es una càrrega a considerar, ja que qualsevol instrument com pugui ser un ordinador o una impressora genera calor sensible i en alguns casos calor latent.

$$Q = q_{\text{sens}} \cdot FC$$

- q_{sens} = calor sensible
- FC = Factor de càrrega = 0,89

En aquest cas, les càrregues a combatre son:

- Impressora = 350 W
- Ordinador = 200 W
- Ploter = 1250 W (funcionant)

- Ploter = 50 W (en stand-by)

$$Q = 6 \text{ordinadors} \cdot 200\text{W} \cdot 0,89 = \underline{1068\text{W}}$$

CÀRREGA TÈRMICA DEGUT A LA INSTRUMENTACIÓ = **1068W**

8- Càrrega tèrmica per ventilació:

Tal i com s'ha comentat al punt 1.9 de la memòria, el RITE defineix que un complex d'oficines equivalent a una IDA 2 i per tant s'han d'aportar 45 metres cúbics d'aire cada hora per persona.

La càrrega tèrmica per ventilació es desglossa en dos tipus de calor:

- Calor sensible: $Q = \rho \cdot q \cdot \Delta T \cdot C_e$

- ρ = Densitat de l'aire = 1,2kg/m³
- q = Cabal d'aire = 45m³/h
- ΔT = Diferència de temperatures = 10°C
- C_e = Calor específic de l'aire = 0,24Kcal/Kg·°C

$$Q = 1,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 45 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot (34^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C}) \cdot 0,24 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} = 129 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \rightarrow$$

$$Q = 129,6 \cdot \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \cdot 1000 \frac{\text{cal}}{1\text{Kcal}} \cdot 4,18 \frac{\text{J}}{1\text{cal}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 150,48 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 150,48 \frac{\text{W}}{\text{persona}}$$

$$Q_{\text{sensible}} = 6 \text{persones} \cdot 150,48\text{W} = \underline{902,88\text{W}}$$

- Calor latent: $Q = \rho \cdot q \cdot \Delta w \cdot C_{l.\text{aigua}}$

- ρ = Densitat de l'aire = 1,2Kg/m³
- q = Cabal d'aire = 45m³/h
- Δw = Diferència d'humitats absolutes
- $C_{l.\text{aigua}}$ = Calor de vaporització del vapor d'aigua = 2257KJ/Kg

El càlcul de la diferència d'humitats absolutes s'haurà de determinar mitjançant el gràfic psicromètric que es es veu a l'apartat de gràfics (Gràfic 1).

Tenint en compte que a l'exterior la temperatura és de 34°C amb un 66% d'humitat, la humitat absoluta de l'aire a aquestes condicions es de 21,6 g_{aigua}/Kg_{aire sec}.

Pel que fa a les condicions interiors, la temperatura és de 24°C i una humitat del 55% , fet que ens dona una humitat absoluta de 10,2 g_{aigua}/Kg_{aire sec}.

$$Q = 45 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 1,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 2257 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \cdot (21,6 - 10,2) \frac{\text{g}_{\text{aigua}}}{\text{Kg}_{\text{aire sec}}} \cdot 1 \frac{\text{Kg}}{1000\text{g}} = 1389,4 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} \rightarrow$$

$$Q = 1389,4 \frac{KJ}{h} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \frac{1000J}{1KJ} = 385,9 \frac{W}{persona}$$

$$Q_{latent} = 6persones \cdot 385,9W = \underline{2315,4W}$$

$$CÀRREGA TÈRMICA DEGUT A LA VENTILACIÓ = 902,88W + 2315,4W = \underline{3218,28W}$$

2.2- Calefacció

Per a la realització del càlcul de les càrregues tèrmiques per calefacció, s'hauran de tenir en compte només les càrregues tèrmiques sensibles ja que les càrregues tèrmiques latents seran beneficioses per la climatització de la sala així com qualsevol instrument o element que aportí calor a l'edifici.

1- Càrrega tèrmica per transmissió per les parets:

En aquest cas només es tindrà en compte la diferència de temperatura entre l'interior i l'exterior, perquè d'incidència dels rajos solars es positiva.

– Paret Sud-Oest:

$$Q = S \cdot k \cdot \Delta T$$

- S = Superfície sense finestres = 20,618 m².
- k = Coeficient de transmissió = 0,5 W/m²·K
- ΔT = Diferència de temperatura = 25°C

$$Q = 20,618 m^2 \cdot 0,5 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot (22^\circ C - (-3^\circ C)) \rightarrow Q = \underline{257,725W}$$

– Paret Sud-Est:

$$Q = S \cdot k \cdot \Delta T$$

- S = Superfície sense finestres = 8,294 m².
- k = Coeficient de transmissió = 0,5 W/m²·K
- ΔT = Diferència de temperatura = 25°C

$$Q = 8,294 m^2 \cdot 0,5 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot (22^\circ C - (-3^\circ C)) \rightarrow Q = \underline{103,675W}$$

$$CÀRREGA TÈRMICA DE LES PARETS = 257,725W + 103,675W = \underline{361,4W}$$

2- Càrrega tèrmica per tancaments translúcids:

De la mateixa manera que les parets, en aquest cas la incidència del sol no implicarà una càrrega extra, per tant la fórmula resultant es la següent:

- Vidres paret Sud-Oest:

Càrrega per conducció: $Q = k \cdot S \cdot \Delta T$

- k = Coeficient de transmissió = $2,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- S = Superfície de transmissió = 4 finestres · ($0,975\text{m} \cdot 1,6\text{m}$) = $6,24 \text{ m}^2$
- ΔT = Diferència de temperatures = 25°C

$$Q = 6,24 \text{ m}^2 \cdot 2,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot (22^\circ\text{C} - (-3^\circ\text{C})) \rightarrow Q = \underline{421,2\text{W}}$$

- Vidres paret Sud-Est:

Càrrega per conducció: $Q = k \cdot S \cdot \Delta T$

- k = Coeficient de transmissió = $2,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- S = Superfície de transmissió = 3 finestres · ($0,975\text{m} \cdot 1,6\text{m}$) = $4,68 \text{ m}^2$
- ΔT = Diferència de temperatures = 25°C

$$Q = 4,61 \text{ m}^2 \cdot 2,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot (22^\circ\text{C} - (-3^\circ\text{C})) \rightarrow Q = \underline{315,9\text{W}}$$

CÀRREGA TÈRMICA DELS VIDRES = $421,2\text{W} + 315,9\text{W} = \underline{737,1\text{W}}$

3- Càrrega tèrmica deguda al terra:

El càlcul de la càrrega tèrmica provocada pel terra es la mateixa que per refrigeració amb l'única diferència que la diferència de temperatures varia.

$$Q = S \cdot k \cdot \Delta T$$

- S = Superfície del terra = $51,55 \text{ m}^2$.
- k = Coeficient de transmissió = $1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- ΔT = Diferència de temperatures = $T_{\text{ext}} - T_{\text{int}} = 4^\circ\text{C}$

En el cas estudiat, les oficines estan situades en un primer pis just per sobre del taller mecànic i el magatzem que estan climatitzats amb les següents condicions:

- Temperatura màxima = 29°C
- Temperatura mínima = 18°C (cas actual)

$$Q = 51,55 \text{ m}^2 \cdot 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot (22^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}) \rightarrow Q = \underline{206,2\text{W}}$$

CÀRREGA TÈRMICA DEL TERRA = **206,2W**

4- Càrrega tèrmica deguda al sostre:

De la mateixa manera que les parets i els vidres, la càrrega tèrmica del sostre és la soferta degut a la diferència de temperatures entre l'interior i l'exterior. S'utilitza la mateixa fórmula que per calcular la càrrega tèrmica de les parets.

$$Q = S \cdot k \cdot \Delta T$$

- S = Superfície del sostre = 51,55 m².
- k = Coeficient de transmissió = 0,5 W/m²·K
- ΔT = Diferència de temperatures = 25°C

$$Q = 51,55 \text{ m}^2 \cdot 0,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot (22^\circ\text{C} - (-3^\circ\text{C})) \rightarrow Q = \underline{644,375\text{W}}$$

CÀRREGA TÈRMICA DEL SOSTRE = 644,375W

5- Càrrega tèrmica per ventilació:

La regulació de la quantitat màxima i mínima d'aire de l'exterior que s'ha d'aportar és la mateixa que per al càlcul de refrigeració.

- Calor sensible: $Q = \rho \cdot q \cdot \Delta T \cdot C_e$

- ρ = Densitat de l'aire = 1,2kg/m³
- q = Cabal d'aire = 45m³/h
- ΔT = Diferència de temperatures = 25°C
- C_e = Calor específic de l'aire = 0,24Kcal/Kg·°C

$$Q = 1,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 45 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot (22^\circ\text{C} - (-3^\circ\text{C})) \cdot 0,24 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} = 324 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \rightarrow$$

$$Q = 324 \cdot \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \cdot 1000 \frac{\text{cal}}{1\text{Kcal}} \cdot 4,18 \frac{\text{J}}{1\text{cal}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 376,2 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 376,2 \frac{\text{W}}{\text{persona}}$$

$$Q_{\text{sensible}} = 6\text{persones} \cdot 376,2\text{W} = \underline{2257,2\text{W}}$$

- Calor latent: $Q = \rho \cdot q \cdot \Delta w \cdot C_{l.\text{aigua}}$

- ρ = Densitat de l'aire = 1,2Kg/m³
- q = Cabal d'aire = 45m³/h
- Δw = Diferència d'humitats absolutes
- C_{l.aigua} = Calor de vaporització del vapor d'aigua = 2257KJ/Kg

El càlcul de la diferència d'humitats absolutes s'haurà de determinar mitjançant el gràfic psicromètric vist anteriorment (Gràfic 1).

Tenint en compte que a l'exterior la temperatura és de -3°C amb un 85% d'humitat, la humitat absoluta de l'aire a aquestes condicions és de 2,5 g_{aigua}/Kg_{aire sec}. Pel que fa a les condicions interiors, la temperatura és de 22°C i una humitat del 55% , fet que ens dona una humitat absoluta de 9 g_{aigua}/Kg_{aire sec}.

$$Q = 45 \frac{m^3}{h} \cdot 1,2 \frac{Kg}{m^3} \cdot 2257 \frac{KJ}{Kg} \cdot (9 - 2,5) \frac{g_{aigua}}{Kg_{aire sec}} \cdot 1 \frac{Kg}{1000g} = 792,2 \frac{KJ}{h} \rightarrow$$

$$Q = 792,2 \frac{KJ}{h} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \frac{1000J}{1KJ} = 220,05 \frac{W}{persona}$$

$$Q_{latent} = 6persones \cdot 220,05W = \underline{1320,3W}$$

$$CÀRREGA TÈRMICA DEGUT A LA VENTILACIÓ = 2257,2W + 1320,3W = \underline{3577,5W}$$

Les càrregues que s'hauran de combatre a la sala 1 son les següents:

- CÀRREGA TÈRMICA TOTAL DE REFRIGERACIÓ = **8608,62W**
- CÀRREGA TÈRMICA TOTAL DE REFRIGERACIÓ = **5526,62W**

Per al càlcul de totes les sales s'utilitzarà el programa excel, on utilitzant les formules esmentades anteriorment amb els coeficients adequats es resoldran les càrregues de refrigeració i de calefacció totals a combatre. A continuació es calculen els coeficients que es necessitaran.

- CLTD d'una paret orientada al Nord-Est:

$$CLTD_{CORR} = [(14 + 0) \cdot 0,5 + (25,5 - 24) + (34 - 29,4)] = 13,1^{\circ}C$$

- CLTD d'una paret orientada al Nord-Oest:

$$CLTD_{CORR} = [(18 + 0) \cdot 0,5 + (25,5 - 24) + (34 - 29,4)] = 15,1^{\circ}C$$

Pel que fa al factor de càrrega que s'utilitzarà per calcular la càrrega tèrmica dels vidres, a continuació es mostra una taula amb els factors trets de la taula 9 i que son els que s'han utilitzat:

SO	0,53
SE	0,36
NO	0,3
NE	0,28
Horitzontal	0,66

A continuació a la taula 14 es realitza el càlcul sala per sala de la càrrega per refrigeració:

Taula 14. Càlcul sala per sala de la càrrega de refrigeració total

REFRIGERACIÓ																														
nº Sala	Superfície	Persones	Orientació	Parets				Ventilació				Vidres					Ocupació			Il·luminació	Màquines	Terra	Sostre	Claraboïas		Envà	Total sense ventilació [W]	TOTAL [W]		
	[m2]	[Núm.]		CLTD	[m2 parets]	[W]	Total [W]	Sensible [W]	Latent [W]	Total [W]	[m2 vidres]	MGS	FC	Càrrega Conducció	Càrrega Solar	Total [W]	Càrrega Sensible	Càrrega Latent	Total [W]	[W]	[W]	[W]	[W]	Càrrega Conducció	Càrrega Solar	[W]				
1	51,55	6	SO	16,60	20,62	171,13					6,24	536	0,53	280	762															
			SE	15,10	8,29	62,62	234	903	2316	3219	4,68	536	0,36	191	388	1621	339	330	669	835	1068	258	705				0	5390	8609	
2	213,40	12	SE	15,10	55,12	416,13	416	1806	4631	6437	23,04	536	0,36	939	1912	2851	679	660	1339	3457	2448	1067	2919				0	14496	20933	
3	37,70	3	SE	15,10	7,18	54,18					4,68	536	0,36	191	388												0			
			NE	13,10	20,62	135,06	189	451	1158	1609	6,24	514	0,28	221	386	1186	170	165	335	611	534	189	516				0	3559	5168	
4	17,50	1	-	0,00	0,00	0,00	0	150	386	536	0,00	0	0,00	0	0	0	57	55	112	284	178	88	239				0	900	1436	
5	10,06	0	-	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0	0	0	163	0	50	138				0	351	351	
6	7,27	0	-	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0	0	0	118	0	36	99				0	254	254	
8	47,00	1	-	0,00	0,00	0,00	0	150	386	536	0,00	0	0,00	0	0	1791	57	55	112	761	178	235	643	213	1577		0	5511	6047	
9	14,18	1	-	0,00	0,00	0,00	0	150	386	536	0,00	0	0,00	0	0	0	57	55	112	230	178	71	194				0	784	1321	
10	14,70	1	-	0,00	0,00	0,00	0	150	386	536	0,00	0	0,00	0	0	0	57	55	112	238	178	74	201				0	802	1339	
11	17,18	1	-	0,00	0,00	0,00	0	150	386	536	0,00	0	0,00	0	0	0	57	55	112	278	178	58	157				0	783	1319	
12	11,50	1	-	0,00	0,00	0,00	0	150	386	536	0,00	0	0,00	0	0	0	57	55	112	186	178	58	157				0	691	1227	
13	11,70	1	-	0,00	0,00	0,00	0	150	386	536	0,00	0	0,00	0	0	0	57	55	112	190	178	59	160				0	698	1234	
14	11,70	1	-	0,00	0,00	0,00	0	150	386	536	0,00	0	0,00	0	0	0	57	55	112	190	178	59	160				0	698	1234	
15	11,70	1	-	0,00	0,00	0,00	0	150	386	536	0,00	0	0,00	0	0	0	57	55	112	190	178	59	160				0	698	1234	
16	11,80	0	-	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0	0	0	191	89	59	161				0	501	501	
17	11,30	0	-	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0	0	0	183	0	57	155				0	394	394	
18	6,40	0	-	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0	0	0	104	0	32	88				0	223	223	
21	74,80	3	-	0,00	0,00	0,00	0	451	1158	1609	0,00	0	0,00	0	0	0	170	165	335	1212	534	374	1023				0	3478	5087	
22	37,00	3	-	0,00	0,00	0,00	0	451	1158	1609	0,00	0	0,00	0	0	0	170	165	335	599	0	185	506				0	1625	3234	
23	7,00	2	-	0,00	0,00	0,00	0	301	772	1073	0,00	0	0,00	0	0	0	113	110	223	113	0	35	96				0	467	1540	
24	7,00	2	-	0,00	0,00	0,00	0	301	772	1073	0,00	0	0,00	0	0	0	113	110	223	113	0	35	96				0	467	1540	
25	14,90	2	-	0,00	0,00	0,00	0	301	772	1073	0,00	0	0,00	0	0	0	113	110	223	241	0	75	204				0	743	1816	
26	7,00	2	-	0,00	0,00	0,00	0	301	772	1073	0,00	0	0,00	0	0	0	113	110	223	113	0	35	96				0	467	1540	
27	7,00	2	-	0,00	0,00	0,00	0	301	772	1073	0,00	0	0,00	0	0	0	113	110	223	113	0	35	96				0	467	1540	
28	30,40	0	-	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0	0	0	492	223	152	416				0	1283	1283	
29	15,80	1	SO	16,60	6,98	57,94					2,51	536	0,53	113	307															
			SE	15,10	11,76	88,79	147	150	386	536	0,00	536	0,36	0	0		419	57	55	112	256	178	79	216				0	1407	1943
30	16,60	1	SO	16,60	8,02	66,52	67	150	386	536	2,01	536	0,53	90	245	335	57	55	112	269	178	83	227				0	1271	1807	
31	15,90	1	SO	16,60	4,52	37,49	37	150	386	536	3,52	536	0,53	158	429	587	57	55	112	258	178	80	217				0	1469	2005	
32	15,70	1	SO	16,60	7,79	64,69	65	150	386	536	1,75	536	0,53	79	214	292	57	55	112	254	178	79	215				0	1194	1731	
33	27	0	SO	16,60	11,29	93,70					5,02	536	0,53	225	614															
			NO	15,10	11,41	86,12	180	0	0	0	1,75	514	0,30	71	116	1026	0	0	0	262	312	135	369				0	2284	2284	
34	96,50	0	-	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0	0	0	938	0	483	1320				0	2740	2740	
35	401,80	22	NO	15,10	32,39	244,51	245	3311	8491	11801	31,17	514	0,30	1271	2067	3338	1244	1210	2454	3905	3916	2009	5496	816	17685		0	39863	51664	
36	13,2	1	SE	15,10	9,93	49,33					1,97	536	0,36	53	164															
			NE	13,10	6,33	41,48	91	150	386	536	1,97	514	0,28	70	122	409	57	55	112	214	178	66	181				0	1250	1786	
37	13,40	1	NE	13,10	6,39	41,88	42	150	386	536	1,97	514	0,28	70	122	192	57	55	112	217	178	67	183				0	991	1527	
38	60,9	7	NE	13,10	30,00	196,51					7,90	514	0,28	279	489															
			NO	15,10	3,79	28,58	225	1053	2702	3755	3,31	514	0,30	135	219	1122	396	385	781	987	1246	305	833				0	5498	9253	
39	85,50	3	SO	16,60	18,91	156,91	157	451	1158	1609	5,17	536	0,53	232	631	863	170	165	335	1385	846	428	1169				355	5536	7146	
40	16,40	1	SO	16,60	7,79	64,69	65	150	386	536	1,75	536	0,53	79	214	292	57	55	112	266	178	82	224				66	1285	1821	
																										111953	157561			

La càrrega de refrigeració total sense tenir en compte la ventilació es de 111,95 kW. Pel que fa a la càrrega de refrigeració total tenint en compte la ventilació, tenim 157,56 kW.

Seguidament, a la taula 10 es mostra el càlcul de la càrrega total de calefacció sala per sala:

Taula 15. Càlcul sala per sala de la càrrega de calefacció total

CALEFACCIÓ																			
nº Sala	Superfície [m2]	Persones [Núm.]	Orientació	Parets				Ventilació				Vidres		Terra	Sostre	Claraboïas	Envà	TOTAL sense ventilació	TOTAL [W]
				Dif. Temp.	[m2 de paret]	[W]	Total [W]	Sensible [W]	Latent [W]	Total [W]	[m2 vidres]	Càrrega Conducció	Total [W]	[W]	[W]	Càrrega Conducció [W]	[W]	[W]	
1	51,55	6	SO	25	20,62	258	361	2257	1320	3578	6,24	421	737	206	644		0	1949	5527
2	213,40	12	SE	25	8,29	104					4,68	316							
3	37,70	3	SE	25	55,12	689	347	1129	660	1789	23,04	1555	1555	854	2668		0	5765	12920
4	17,50	1	NE	25	7,18	90					4,68	316							
5	10,06	0	-	25	20,62	258	0	376	220	596	6,24	421	737	206	644		0	289	885
6	7,27	0	-	25	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0	0	40	126		0	166	166
8	47,00	1	-	25	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0	0	29	91		0	120	120
9	14,18	1	-	25	0,00	0	0	376	220	596	0,00	0	0	188	588	195	0	971	1567
10	14,70	1	-	25	0,00	0	0	376	220	596	0,00	0	0	57	177		0	234	830
11	17,18	1	-	25	0,00	0	0	376	220	596	0,00	0	0	59	184		0	243	839
12	11,50	1	-	25	0,00	0	0	376	220	596	0,00	0	0	69	215		0	283	880
13	11,70	1	-	25	0,00	0	0	376	220	596	0,00	0	0	46	144		0	190	786
14	11,70	1	-	25	0,00	0	0	376	220	596	0,00	0	0	47	146		0	193	789
15	11,70	1	-	25	0,00	0	0	376	220	596	0,00	0	0	47	146		0	193	789
16	11,80	0	-	25	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0	0	47	148		0	195	195
17	11,30	0	-	25	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0	0	45	141		0	186	186
18	6,40	0	-	25	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0	0	26	80		0	106	106
21	74,80	3	-	25	0,00	0	0	1129	660	1789	0,00	0	0	299	935		0	1234	3023
22	37,00	3	-	25	0,00	0	0	1129	660	1789	0,00	0	0	148	463		0	611	2399
23	7,00	2	-	25	0,00	0	0	752	440	1193	0,00	0	0	28	88		0	116	1308
24	7,00	2	-	25	0,00	0	0	752	440	1193	0,00	0	0	28	88		0	116	1308
25	14,90	2	-	25	0,00	0	0	752	440	1193	0,00	0	0	60	186		0	246	1438
26	7,00	2	-	25	0,00	0	0	752	440	1193	0,00	0	0	28	88		0	116	1308
27	7,00	2	-	25	0,00	0	0	752	440	1193	0,00	0	0	28	88		0	116	1308
28	30,40	0	-	25	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0	0	122	380		0	502	502
29	15,80	1	SO	25	6,98	87	234	376	220	596	2,51	170	170	63	198		0	664	1261
30	16,60	1	SE	25	11,76	147					0,00	0							
31	15,90	1	SO	25	8,02	100	100	376	220	596	2,01	136	136	66	208		0	510	1106
32	15,70	1	SO	25	4,52	56	56	376	220	596	3,52	237	237	64	199		0	556	1152
33	27	0	SO	25	7,79	97	97	376	220	596	1,75	118	118	63	196		0	475	1071
34	96,50	0	NO	25	11,29	141	284	0	0	0	5,02	339	457	108	338		0	1186	1186
35	401,80	22	NO	25	11,41	143					1,75	118							
36	13,2	1	-	25	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0	0	386	1206		0	1592	1592
37	13,40	1	SE	25	32,39	405	405	8276	4841	13118	31,17	2104	2104	1607	5023	745	0	9884	23001
38	60,9	7	NE	25	9,93	49	128	376	220	596	1,97	133	267	53	165		0	613	1209
39	85,50	3	NE	25	6,33	79					1,97	133							
40	16,40	1	NE	25	6,39	80	80	376	220	596	1,97	133	133	54	168		0	434	1031
41	60,9	7	NO	25	30,00	375	422	2633	1540	4174	7,90	533	756	244	761		0	2184	6357
42	85,50	3	NO	25	3,79	47					3,31	223							
43	16,40	1	SO	25	18,91	236	236	1129	660	1789	5,17	349	349	342	1069		355	2350	4139
44	16,40	1	SO	25	7,79	97	97	376	220	596	1,75	118	118	66	205		66	553	1149
																		37830	88511

La càrrega de calefacció total sense tenir en compte la ventilació es de 37,83 kW i tenint en compte la ventilació és de 88,51 kW.

3- CÀLCUL I SELECCIÓ DELS EQUIPS DE CADA SISTEMA

En aquest apartat del projecte es farà una selecció dels elements que haurien de tenir els tres sistemes estudiats per poder fer una comparativa exhaustiva tant de qualitat de la instal·lació com del cost d'aquesta. La selecció dels elements de cada sistema anirà acompanyada d'un seguit de càlculs per poder fer una selecció tècnica adequada.

3.1- Sistema 1: Climatització mitjançant fan-coils a 2 tubs i climatitzadors

A continuació res realitzaran els càlculs pertinents del sistema 1 per poder-lo comparar amb els altres dos.

3.1.1- Selecció dels fan-coils

Les sales a climatitzar amb fan-coils son les següents:

	nº Sala	Superfície [m2]	Volum [m3]	Persones	Wtotal [W]	Wsensible Refrig. [W]	Wlatent [W]	Wc [W]
Despatxos COM SO	01	51,6	134,16	4	4401	4161	240	1832
Despatxos ING-CMP-ADM SE	02	213,4	554,84	12	13736	13015	721	5400
Despatxos ADM NE	03	37,7	98,02	3	3088	2908	180	1622
Director ING	04	17,5	45,5	1	894	834	60	265
Rebedor	08	47	122,2	1	2491	2431	60	866
Despatx ADM-FIN	09	14,2	36,92	1	780	720	60	215
Director ADM-CMP	10	14,7	38,22	1	798	738	60	223
Despatx ADM-INF	11	17,2	44,72	1	884	824	60	261
Despatx JFU	12	11,5	29,9	1	689	629	60	174
Despatx POB	13	11,7	30,42	1	695	635	60	177
Despatx JMS	14	11,7	30,42	1	695	635	60	177
Despatx COM ???	15	11,7	30,42	1	695	635	60	177
Ploters	16	11,8	30,68	0	495	495	0	179
Magatzem	17	11,3	29,38	0	387	387	0	171
Director COM	29	15,8	41,08	1	1270	1210	60	630
Director CDA	30	16,6	43,16	1	1167	1107	60	479
Director MRK	31	15,9	41,34	1	1349	1289	60	525
Director INS	32	15,7	40,82	1	1099	1039	60	446
Director PRO	36	13,2	34,32	1	1174	1114	60	652
Director CDC	37	13,4	34,84	1	944	884	60	409
Despatxos PRO-CDC NE	38	60,9	158,34	7	5586	5165	421	2058
Despatx Zona TER	39	85,5	222,3	3	3630	3450	180	1448
Despatx FAT	40	16,4	42,64	1	1074	1014	60	494
		736,4	1914,64	45	48021	45319	2702	18880

La selecció dels fan-coils vindrà condicionada per la càrrega sensible de refrigeració, ja que l'aire que s'introduirà a la sala provindrà d'un climatitzador enlloc del carrer i no suposarà una càrrega extra. Per la selecció dels fan-coils es tindran en compte dos fabricants, Carrier i Systemair. A continuació es mostren quins models de fan-coil seran necessaris a cada sala depenent de la marca:

CARRIER

La marca Carrier ofereix el model 42GWC (Annex 8), un fan-coil tipus casset amb una capacitat frigorífica nominal d'entre 1,5 i 8,7 kW i una capacitat calorífica nominal d'entre 1,3 i 11,6 kW. Aquest tipus de fan-coil funciona a dos tubs i seria ideal per a les nostres necessitats. Es tindrà en compte que per seleccionar aquests cassets, l'aigua calenta que circularà per aquests estarà a 50°C.



(Imatge 11: Cassette Carrier 42GW)

En funció de la velocitat a la que funcioni el ventilador del casset, l'aparell farà mes o menys soroll i es un factor molt important a tenir en compte dins d'un complex d'oficines. Per aquest mateix motiu s'ha establert el màxim de 45 dB(A) que marca el RITE a l'apartat ITE.02.2.3.1 per un complex d'oficines.

ITE 02.2.3.1 Ruidos.

Tabla 3 Valores máximos admisibles de niveles sonoros para el ambiente interior

TIPO DE LOCAL	Valores máximos de niveles sonoros en dBA	
	Día	Noche
ADMINISTRATIVO Y DE OFICINAS	45	-
COMERCIAL	55	-
CULTURAL Y RELIGIOSO	40	-
DOCENTE	45	-
HOSPITALARIO	40	30
OCIO	50	-
RESIDENCIAL	40	30
VIVIENDA		
Piezas habitables excepto cocina	35	30
Pasillos, aseos y cocinas	40	35
Zonas de acceso común	50	40
Espacios comunes: vestíbulos, pasillos	50	-
Espacios de servicio: aseos, cocinas, lavaderos	55	-

A continuació es mostra una taula amb la potència que ofereixen les diferents opcions d'aquest model de casset. Les dades oferides per Carrier son per als cassets funcionant a la velocitat màxima, per tant si s'escull un casset que funcioni a velocitat mitja o baixa s'haurà d'aplicar un coeficient de correcció facilitat pel fabricant per calcular la potència real que ens ofereix.

La taula 14 mostra els diferents cassets que serien útils per a les necessitats del complex d'oficines estudiat.

Taula 14. Casets Carrier del model 42GWC

		42GWC004		42GWC008		42GWC0010		42GWC0012		42GWC0016		42GWC0020	
		30 (Vel. Baixa)		32 (Vel. Mitja)		39 (Vel. Mitja)		31 (Vel. Mitja)		40 (Vel. Mitja)		33 (Vel. Baixa)	
Refrigeració	Db(A)												
	kWt / kW	2,13	1,92	3,76	2,75	4,4	3,26	5,69	4,05	8,01	5,4	10,63	7,28
	Correcció	0,65	0,62	0,71	0,71	0,75	0,73	0,76	0,75	0,74	0,73	0,42	0,4
	kWt corr. / kW corr.	1,38	1,19	2,67	1,95	3,30	2,38	4,32	3,04	5,93	3,94	4,46	2,91
Calefacció	kWt	4,5		5,72		7,38		9,07		11,2		14,53	
	Correcció	0,62		0,71		0,73		0,75		0,73		0,4	
	kWt corr.	2,79		6,43		8,11		9,82		11,93		14,93	
	Ventilador (m3/h)	360		489,6		601		730		871		1684	

Un cop conegudes les dades dels cassets Carrier, es seleccionen els models que es necessitaran a cada sala (taula 16). Per saber si la selecció es l'adequada, a més de complir amb la potencia requerida per la sala s'han de tenir en compte les renovacions hora que es tindran amb els cassets seleccionats.

$$\text{Renov.} = n^{\circ} \text{ cassets} \cdot \text{Vent. (m3/h)} / \text{Volum Sala}$$

Es considera que en unes oficines les renovacions hora han d'estar entre 5 i 10 per tenir una bona sensació de confort. En el cas de tenir menys de 5 renovacions per hora hi ha perill que es generi estratificació i que la gent de la oficina noti sensació de fred a la part baixa de la sala. D'altra banda si s'excedeix de les 10 renovacions per hora es genera un corrent d'aire que pot ser molesta per als ocupants de la sala.

Taula 16. Casets Carrier seleccionats

nº Sala	Wsensible Refrig. [W]	CARRIER						Renov./h
		42GWC004 1190W	42GWC008 1952,5 W	42GWC010 2379,8 W	42GWC012 3037,5 W	42GWC016 3942 W	42GWC020 2912 W	
01	4161		2					7,3
02	13015					4		6,3
03	2908				1			7,4
04	834	1						7,9
08	2431			1				4,9
09	720	1						9,8
10	738	1						9,4
11	824	1						8,1
12	629	1						12,0
13	635	1						11,8
14	635	1						11,8
15	635	1						11,8
16	495	1						11,7
17	387	1						12,3
29	1210	1						8,8
30	1107	1						8,3
31	1289	1						8,7
32	1039	1						8,8
36	1114	1						10,5
37	884	1						10,3
38	5165			2				7,6
39	3450	1			1			4,9
40	1014	1						8,4
	45319	18	2	3	2	4	0	29

Veiem que les sales 36 i 37 sobrepassen la renovació marcada de 10 volums per hora, però com que ho superen per molt poc s'accepta.

Un altre factor important un cop s'han seleccionat els fan-coils, es saber quin serà el soroll que es tindrà a les sales un cop instal·lats els cassets. La selecció que s'ha fet anteriorment ja tenia en compte no superar els 45 dB(A) que marca el RITE però com que hi ha sales a les quals es col·loquen més d'un casset i sabem que quan es troben varies fonts sonores en el mateix espai per trobar el resultat final s'han de sumar les energies acústiques dels elements, a continuació calcularem la pressió sonora total que tindran les sales amb més d'un casset.

Per poder calcular la pressió sonora total s'ha d'aplicar la formula següent:

$$dB = 10 \cdot \log\left(\frac{W_1}{W_0}\right)$$

- dB = pressió sonora (dB)
- W1 = energia emesa (W)
- W0 = energia de referència = $10^{-12} W$

A continuació es calcula la pressió sonora tota que es tindrà a la sala 1:

$$\text{Casset 1: } 32 = 10 \cdot \log\left(\frac{W_1}{W_0}\right) \rightarrow \frac{W_1}{W_0} = 10^{3,2} = 1584,9$$

$$\text{Casset 2: } 32 = 10 \cdot \log\left(\frac{W_1}{W_0}\right) \rightarrow \frac{W_1}{W_0} = 10^{3,2} = 1584,9$$

$$\text{Pressió acústica total: } dB = 10 \cdot \log(1584,9 + 1584,9) \rightarrow dB = 35$$

La pressió sonora a la sala 1 serà de 35 dB. A continuació es mostra la taula amb la pressió sonora total de cada sala:

Taula 17. Pressió sonora total per sala

nº Sala	Pressió sonora total
	dB
01	35,0
02	46,0
03	40,0
04	30,0
08	39,0
09	30,0
10	30,0
11	30,0
12	30,0
13	30,0
14	30,0
15	30,0
16	30,0
17	30,0
29	30,0
30	30,0
31	30,0
32	30,0
36	30,0
37	30,0
38	42,0
39	40,0
40	30,0

La mitjana de soroll d'aquestes sales és de 34,18 dB.

SYSTEMAIR

Pel que fa a Systemair, ofereix el model Syscassette (Annex 9) amb opció de 2 tubs i 4 tubs. Per al sistema 1 s'utilitzaran els de 2 tubs i es mantindrà el límit acústic dels 45 dB(A).

La taula 12 mostra els diferents cassets que serien útils per a les necessitats d'aquestes oficines.

Taula 18. Casets Systemair del model Syscassette

		21		22		23		24	
	Db(A)	41 (Vel. Màx.)		37 (Vel. Mitja)		39 (Vel. Mitja)		37 (Vel. Mitja)	
Refrigeració	Wt / Ws	2420	2180	2400	2050	2800	2320	4170	3310
Calefacció	Wt / Ws	3350	3350	3240	3240	3740	3740	4960	4960
	Ventilador (m3/h)	664		492		513		768	

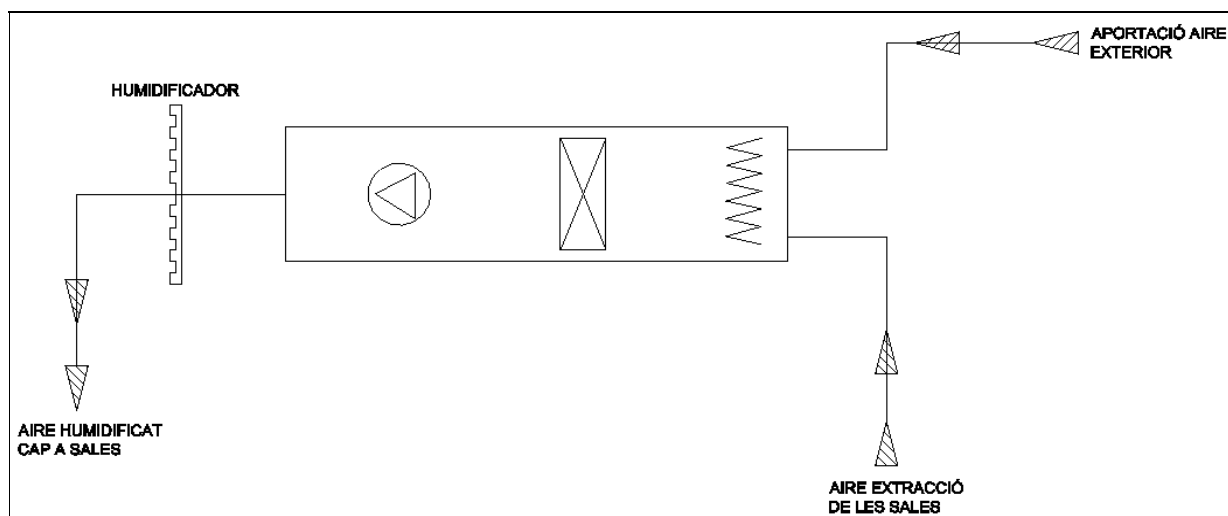
Un cop conegudes les dades dels cassets Systemair, es seleccionen els models que es necessitaran a cada sala i es calculen les renovacions hora.

Taula 19. casets Systemair seleccionats

nº Sala	Wsensible Refrig. [W]	SYSTEMAIR				Renov./h
		21	22	23	24	
		2180 W	2050 W	2320 W	3310 W	
01	4161		2			7,3
02	13015				4	5,5
03	2908				1	7,8
04	834		1			10,8
08	2431			1		4,2
09	720		1			13,3
10	738		1			12,9
11	824		1			11,0
12	629		1			16,5
13	635		1			16,2
14	635		1			16,2
15	635		1			16,2
16	495		1			16,0
17	387		1			16,7
29	1210		1			12,0
30	1107		1			11,4
31	1289		1			11,9
32	1039		1			12,1
36	1114		1			14,3
37	884		1			14,1
38	5165				2	9,7
39	3450				1	3,5
40	1014		1			11,5
	45319	0	19	1	8	28

Es pot veure que seleccionant els cassets Systemair, moltes sales sobrepassen les renovacions per hora marcades, fet decisiu per escollir Carrier enlloc de Systemair. Per aquest motiu no s'ha calculat la pressió sonora total de cada sala utilitzant aquest tipus de cassets.

3.1.2- Selecció del climatitzador de la zona central



(Imatge 12: Esquema de fluxes d'un climatitzador)

Les sales que es climatitzaran amb aquest climatitzador son les següents:

Taula 20. Sales del climatitzador central

	nº Sala	Superfície [m2]	Volum [m3]	Persones	Wtotal [W]	Wsensible [W]	Wlatent [W]	Wc [W]
Escales	33	27	70,2	0	2342	2342	0	1207
Passadís	34	96,5	250,9	0	3309	3309	0	1464
Despatxos + Biblioteca NO	35	401,8	1044,68	22	33436	32114	1322	8668
		525,3	1365,78	22	39087	37765	1322	11339

La selecció del climatitzador dependrà del cabal que s'hagi d'aportar a les sales. Per calcular aquest cabal s'utilitzarà la següent formula:

$$P = q \cdot \rho \cdot \Delta H$$

- P = Càrrega tèrmica a aportar a les sales
- q = Cabal d'aire a aportar a les sales
- ρ = Densitat aire
- ΔH = Diferència d'entalpies

En aquest cas, la càrrega tèrmica que s'haurà d'aportar és la suma de les càrregues sensible i latent de cada sala. En aquest cas, la P = 39,087 kW.

Pel que fa a les entalpies, les trobem utilitzant el gràfic psicromètric de la zona de gràfics (Gràfic 2).

El primer punt del gràfic conté les condicions interiors de les sales a l'estiu, 24°C i 55% d'humitat. En aquestes condicions, l'entalpia és de 50 kJ/kg d'aire sec. Pel que fa al segon punt (punt 5 del gràfic), s'obté al buscar la recta de maniobra. En qualsevol punt d'aquesta recta en el qual s'impulsi

aire, es tindrà la proporció exacte de calor latent i sensible. Aquest segon punt s'agafa el més avall possible de la recta perquè així el cabal requerit per climatitzar amb les condicions desitjades és inferior. El punt més inferior possible està al 95% d'humitat que és el límit que pot donar la bateria. En aquest punt l'entalpia és de 41 kJ/kg.

Per trobar la recta s'utilitza la formula següent:

$$\frac{Q_{Total\ Refrig.}}{Q_{Latent\ Refrig.}} \cdot 2500 \frac{KJ}{Kg} \rightarrow \frac{39087\ W}{1322\ W} \cdot 2500 = 73916,4 \frac{KJ}{Kg}$$

Un cop trobades les entalpies es procedeix a calcular el cabal d'aire a aportar a les sales:

$$39,087\ kW = q \cdot 1,204 \frac{Kg}{m^3} \cdot (50 \frac{KJ}{Kg} - 41 \frac{KJ}{Kg}) \rightarrow$$

$$q = 3,62 \frac{m^3}{s} \rightarrow q = \mathbf{13029\ m^3/h}$$

Per saber si el cabal que s'està aportant es el correcte, es calcularan les renovacions per hora que es tindrà.

$$\frac{13029 \cdot \frac{m^3}{h}}{1365,78 \cdot m^3} = \mathbf{9,5\ Renov./h} \rightarrow \text{Correcte}$$

A continuació es calcula el cabal que s'haurà d'aportar de l'exterior per regenerar l'aire de l'ambient i que puguin respirar els ocupants de les sales:

$$22\ \text{persones} \cdot 45\ m^3/h = \mathbf{990\ m^3/h}$$

Per tant l'aire extret de les sales serà de:

$$Q_{extracció} = Q_{total} - Q_{insertat\ ext.} \rightarrow$$

$$Q_{extracció} = 13029 - 990 = \mathbf{12039\ m^3/h}$$

Un cop coneguts els cabals amb els que treballarà la instal·lació, es calcula la potència de la bateria tant per refrigeració com per calefacció.

- Potència de la bateria per refrigeració:

$$P = q \cdot \rho \cdot \Delta H$$

Per calcular la potència de la bateria, s'han de conèixer les condicions amb les que l'aire arriben a la bateria. Utilitzant el gràfic psicromètric anterior (Gràfic 2) es calcularà la diferència d'entalpies existents ja que només es coneix l'entalpia de l'interior de la sala i s'ha de calcular l'entalpia que arriba a la bateria. El punt 6 del gràfic mostra les condicions a les que estarà l'aire quan es barregin l'aire provinent de l'extracció de les sales a 22°C i l'aire provinent de l'exterior a 34°C.

Per calcular en quin punt de la gràfica es troba aquest punt 6 amb la barreja dels dos aires, es traça una línia des del punt 1 al 3 que equivaldrà al cabal total que hi haurà a les sales, 13029 m³/h. Si es multiplica el cabal d'extracció per la longitud de la línia dibuixada (en mil·límetres) i es divideix pel cabal total, es troba la distància en mil·límetres que hi ha sobre la línia des del punt 1.

$$\frac{12039 \frac{m^3}{h} \cdot 120mm}{13029 \frac{m^3}{h}} = 110,88 mm$$

Si es situa el punt 6 a la distància esmentada, es pot trobar una entalpia de 54 kJ/kg. Amb aquestes dades ja es pot calcular la potència de la bateria per refrigeració.

$$P = 3,62 \frac{m^3}{s} \cdot 1,2 \frac{Kg}{m^3} \cdot (54 \frac{KJ}{Kg} - 41 \frac{KJ}{Kg}) \rightarrow P = \mathbf{56,47 kW}$$

- Potència de la bateria per calefacció:

$$P = q \cdot \rho \cdot \Delta H$$

Per calcular la potència de la bateria per calefacció es partirà de les condicions de la sala a l'hivern, de 22°C i 55% d'humitat (punt 2 del gràfic 2).

De la mateixa manera que s'aporta aire exterior durant l'estiu, també es fa durant l'hivern, però en aquest cas l'aire entra a -3°C i a 85% d'humitat, que equivaldria al punt 4 de la gràfica. La barreja dels dos aires donarà el punt 7, calculat amb el mateix mètode que el punt 6.

$$\frac{12039 \frac{m^3}{h} \cdot 1000mm}{13029 \frac{m^3}{h}} = 92,4 mm$$

Un cop situat el punt 7, es pot veure que l'aire d'aquest punt està a una temperatura inferior a la del punt 2 (les condicions desitjades per l'interior de l'edifici), fet que impossibilita climatitzar les sales a 22°C. Aquest fet es degut a que s'ha d'impulsar l'aire a una temperatura superior que pugui vèncer les càrregues de calefacció de les sales. Per tant, s'ha de calcular quina és la diferència de temperatura entre els 22 °C que volem dins la sala i la temperatura a la que s'impulsarà l'aire (diferència de temperatura entre els punts 2 i el 8).

$$P = q \cdot \rho \cdot C_e \cdot \Delta T$$

- P = Càrrega sensible total de calefacció a les sales del climatitzador central
- ρ = Densitat de l'aire = 1,2kg/m³
- q = Cabal d'aire = 12996 m³/h
- ΔT = Diferència de temperatures

· C_e = Calor específic de l'aire = 0,28 W/Kg·°C

$$111339W = 13029 \frac{m^3}{h} \cdot 1,2 \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,28 \frac{W}{Kg \cdot ^\circ C} \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = \mathbf{2,6^\circ C}$$

Un cop calculat, s'observa que la temperatura a la que s'ha d'impulsar l'aire és de 24,6°C.

Un cop conegut el punt 8, es pot calcular la potència necessària de la bateria a l'hivern utilitzant la diferència de temperatures entre el punt 7 i el 8:

$$P = q \cdot \rho \cdot C_e \cdot \Delta T$$

$$P = 3,62 \frac{m^3}{h} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot 1,2 \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,28 \frac{W}{Kg \cdot ^\circ C} \cdot (24,6^\circ C - 20^\circ C) \rightarrow P = \mathbf{28,82 kW}$$

Com que l'aire que s'impulsarà al punt 8 no té la humitat necessària, s'haurà d'instal·lar un humectador/llança de vapor per aconseguir els 55% d'humitat requerida. El punt 9 del gràfic 2, assenyalava el punt exacte on es tindrà la temperatura necessària amb la humitat necessària per impulsar l'aire. Per calcular els quilograms de vapor a aportar, s'utilitzarà la diferència d'entalpies entre ambdós punts:

$$X = 13029 \frac{m^3}{h} \cdot 1,2 \frac{Kg}{m^3} \cdot (9,2 \frac{g}{Kg} - 8,6 \frac{g}{Kg}) = 9380,88 \frac{g \text{ vap.}}{h} \rightarrow X = \mathbf{9,38 Kg \text{ de vapor}}$$

3.1.3- Selecció dels difusors del climatitzador central

Anteriorment s'ha calculat la potència de les bateries del climatitzador amb el qual es pretén condicionar la zona central del complex d'oficines, però aquest aire prèviament tractat s'ha d'impulsar a les sales mitjançant uns difusors els quals es seleccionaran a continuació:

TROX

La marca TROX ofereix la sèrie de difusors VDW que tenen un rang de cabal que va des dels 180 m3/h fins als 850 m3/h. Aquest ampli rang d'opcions permet fer un càlcul més exacte del número de difusors que s'hauran de col·locar a cada sala.



(Imatge 13: Difusor TROX VDW)

A la taula següent es mostren les característiques d'aquesta sèrie de difusors la fitxa tècnica dels quals la podem veure a l'Annex 10.

Taula 21. Difusors TROX VDW

	VDW300X8	VDW400X16	VDW500X24	VDW600X24	VDW600X48
Db(A)	38	38	38	38	38
m ³ /h	180	360	470	650	850
Diam. Coll	158	198	198	248	248
Màx. Avast	2	4	4	5,5	5
Mín. Avast		3	2,2	2,5	3,6
Perd. Càrrega(Pa)	32	38	29	29	35

La selecció dels difusors per a cada sala anirà en funció del cabal requerit a cadascuna d'aquestes. Aquest càlcul es realitza de la mateixa manera que el càlcul fet anteriorment per a conèixer el cabal que havia d'aportar el climatitzador a la zona central. Degut a que les condicions no varien, la única diferència serà que enlloc d'agafar les càrregues per refrigeració totals de tot el complex d'oficines només es tindran en compte les de la sala que s'estigui estudiant.

Càlcul del cabal d'impulsió dels difusors a la sala 33:

$$P = q \cdot \rho \cdot \Delta H \rightarrow 2,342 \text{ kW} = q \cdot 1,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(50 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 41 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right) \rightarrow q = 781 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Per complir amb aquest requeriment de 781 m³/h s'ha seleccionat un difusor VDW 600x48 que ens aporta un cabal de 850 m³/h.

A continuació realitzarem una selecció dels difusors necessaris per cada sala:

Taula 22. Selecció dels difusors pel climatitzador central

nº Sala	Wtotal [W]	Impuls. Difusors m³/h	TROX				
			VDW300X8	VDW400X16	VDW500X24	VDW600X24	VDW600X48
33	2342	781					1
34	3309	1103	6				
35	33436	11145					13
	39087	13029,00	6	0	0	0	14

De la mateixa manera que s'ha fet amb els cassets, a continuació es realitzarà el calcul de la pressió sonora total que es tindrà a cada sala instal·lant aquests difusors.

Taula 23. Pressió sonora total per sala

nº Sala	Pressió sonora total dB
33	38,0
34	45,8
35	49,5

La mitjana de soroll a aquestes sales és de 44,4 dB.

3.1.4- Selecció de les reixes d'extracció del climatitzador central

De la mateixa manera que s'impulsarà aire per climatitzar les sales i ventilar-les, s'ha d'extreure l'aire per tal que el d'impulsió entri correctament a la sala i no es creien sobrepressions o corrents. Per extreure aquest aire necessari, s'utilitzaran reixes d'extracció.

TROX

La marca TROX ofereix diversos models de reixes d'extracció, entre els quals està la sèrie AR (Annex 11). A continuació es mostra les característiques de les comportes seleccionades:

Taula 24. Reixes d'extracció TROX AR

	AR 125x225 mm	AR 125x225 mm	AR 165x425 mm	AR 165x825 mm	225x1025 mm
Db(A)	16	33	27	29	22
m³/h	100	200	400	800	1000
Perd. Càrrega(Pa)	10	41	18	18	8

Un cop conegudes les reixes disponibles, s'han seleccionat les més adients per a cada sala:

Taula 25. Selecció de les reixes d'extracció per sala

nº Sala	Retorn Reixes m³/h	REIXES D'EXTRACCIÓ TROX					Pressió sonora total dB
		125x225mm (100m³/h)	125x225mm (200 m³/h)	165x425mm (400 m³/h)	165x825mm (800 m³/h)	225x1025mm (1000 m³/h)	
33	781			2			30,0
34	1103		6				41,1
35	10155					11	32,4
	12039,00	0	6	2	0	11	34,50

Conjuntament amb la selecció de les reixes, s'ha afegit una taula amb la pressió sonora que implica la col·locació d'aquestes reixes a cada sala.

3.1.5- Selecció del climatitzador de les sales de visites i de la sala de juntes

Les sales que es climatitzaran amb aquest climatitzador son les següents:

Taula 26. Climatitzador sales visites i juntes

	nº Sala	Superfície [m²]	Volum [m³]	Persones	Wtotal [W]	Wsensible [W]	Wlatent [W]	Wc [W]
Cafeteria + Formació	21	74,8	194,48	3	3087	2907	180	1135
Sala Plàtica	22	37	96,2	3	1607	1427	180	561
Sala Visites 4	23	7	18,2	2	467	347	120	106
Sala Visites 5	24	7	18,2	2	467	347	120	106
Sala Visites 3	25	14,9	38,74	2	737	617	120	226
Sala Visites 1	26	7	18,2	2	467	347	120	106
Sala Visites 2	27	7	18,2	2	467	347	120	106
Sala Juntes	28	30,4	79,04	0	1224	1224	0	461
		185,1	481,26	16	8523	7563	960	2807

Per calcular la potència de les bateries, s'utilitzarà el mateix sistema de càlcul que l'utilitzat per calcular el climatitzador de la zona central. En aquest cas, el gràfic utilitzat és el gràfic 3.

- Cabal d'aire a aportar a les sales:

$$P = q \cdot \rho \cdot \Delta H \rightarrow$$

$$8,523 \text{ kW} = q \cdot 1,204 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(50 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 39,5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right) \rightarrow$$

$$q = 0,676 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \rightarrow q = \mathbf{2435,14 \text{ m}^3/\text{h}}$$

- Potència de la bateria de fred:

$$P = 0,676 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(62,5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 39,5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right) \rightarrow P = \mathbf{18,66 \text{ kW}}$$

- Diferència de temperatura entre el punt 2 i el 8:

$$2807W = 2435,14 \frac{m^3}{h} \cdot 1,2 \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,28 \frac{W}{Kg \cdot ^\circ C} \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = \mathbf{3,43^\circ C}$$

- Potència de la bateria de calor:

$$P = 0,676 m^3 \cdot 3600s \cdot 1,2 \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,28 \frac{W}{Kg \cdot ^\circ C} \cdot (27,43^\circ C - 14,6^\circ C) \rightarrow$$

$$P = 10490,96W = \mathbf{10,5 kW}$$

- Humidificador:

$$X = 2435,14 \frac{m^3}{h} \cdot 1,2 \frac{Kg}{m^3} \cdot (9,2 \frac{g}{Kg} - 7 \frac{g}{Kg}) = 6428,76 \frac{g \text{ vap.}}{h} \rightarrow$$

$$X = 6428,76 g/h = \mathbf{6,43 Kg/h}$$

3.1.6- Selecció dels difusors del climatitzador de les sales de visites i de la sala de juntes

S'utilitzaran els mateixos difusors de la serie VDW de TROX que s'han utilitzat anteriorment per al climatitzador central ja que les seves característiques encaixen perfectament amb les necessitats d'aquestes sales.

El càlcul del cabal d'impulsió dels difusors es farà de la mateixa manera que el càlcul del cabal total que requeria el climatitzador per les sales de visites i de la sala de juntes degut a que les condicions son les mateixes. La única diferència serà que enlloc d'agafar les càrregues per refrigeració totals de tot el complex d'oficines només es tindran en compte les de la sala que s'estigui estudiant.

Càlcul del cabal d'impulsió dels difusors a la sala 21:

$$P = q \cdot \rho \cdot \Delta H \rightarrow 3,087 kW = q \cdot 1,2 \frac{Kg}{m^3} \cdot (50 \frac{KJ}{Kg} - 39,5 \frac{KJ}{Kg}) \rightarrow q = 882 \frac{m^3}{h}$$

Per complir amb aquest requeriment de 882 m3/h s'han seleccionat 5 difusors VDW 300x8 que ens aporta un cabal de 900 m3/h.

A continuació realitzarem una selecció dels difusors necessaris per cada sala:

Taula 27. Selecció dels difusors pel climatitzador de les sales de visites + juntes

nº Sala	Wtotal [W]	Impuls. Difusors m³/h	TROX				
			VDW300X8	VDW400X16	VDW500X24	VDW600X24	VDW600X48
21	3087	882	5				
22	1607	459			1		
23	467	133	1				
24	467	133	1				
25	737	211	1				
26	467	133	1				
27	467	133	1				
28	1224	350	2				
	8523	2435,14	12	0	1	0	0

La pressió sonora total que es tindrà a cada sala instal·lant aquests difusors serà:

Taula 28. Pressió sonora total provocada pels difusors a les sales de visites

nº Sala	Pressió sonora total dB
21	45,0
22	38,0
23	38,0
24	38,0
25	38,0
26	38,0
27	38,0
28	38,0

La mitjana de soroll d'aquestes sales serà de 38,87 dB.

3.1.7- Selecció de les reixes d'extracció del climatitzador de les sales de visites i de la sala de juntes

Per l'extracció de l'aire que s'ha de renovar, s'utilitzaran les mateixes reixes d'extracció. A continuació es mostra una taula amb les reixes seleccionades a cada sala així com la pressió sonora que provocaran.

Taula 29. Pressió sonora total provocada pelr les reixes a les sales de visites

nº Sala	Retorn Reixes m³/h	REIXES D'EXTRACCIÓ TROX					Pressió sonora total dB
		125x225mm (100m³/h)	125x225mm (200 m³/h)	165x425mm (400 m³/h)	165x825mm (800 m³/h)	225x1025mm (1000 m³/h)	
21	747				1		30,0
22	324			1			27,0
23	43	1					33,0
24	43	1					33,0
25	121		1				25,0
26	43	1					33,0
27	43	1					33,0
28	350			1			27,0
	1715,14	4	1	2	1	0	30,13

3.1.8- Selecció de les boques d'extracció

Les boques d'extracció son un element a tenir en compte per renovar l'aire de ventilació de l'edifici. Per aquestes boques s'extraurà l'aire de la zona dels fan-coils destinat a les persones perquè es pugui introduir aire net pels fan-coils. La selecció d'aquestes boques anirà en funció del número de persones. A continuació es calcularà la quantitat de boques necessàries:

$$\text{Volum total d'aire a extreure: } 45 \text{ persones} \cdot 45 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 2025 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Les sales a les quals es situaran les boques seran les dels lavabos, la sala dels ploters i el magatzem.

TROX

Les boques seleccionades han sigut les del model LVS de TROX. Aquestes boques compliran amb el requeriment de l'edifici estudiat.



(Imatge 14: Boca d'extracció TROX LVS)

La selecció de les boques s'ha fet mitjançant el gràfic 7. A continuació es mostra la taula de propietats d'aquestes boques d'extracció i les que s'han col·locat a cada sala:

Taula 30. Boques d'extracció per sala

Model LVS200					
n1 Sala	Cabal m3/h	Opertura boca mm	Potència sonora dB	Pèrdua de càrrega Pa	nº unitats
Sala 5:	250	0	30	50	1
Sala 6:	250	0	30	50	1
Sala 7:	500	20	34	50	1
Sala 16:	500	20	34	50	1
Sala 17:	500	20	34	50	1
Sala 18:	250	0	30	50	1

Instal·lant aquestes boques s'aconseguirà renovar l'aire contínuament respectant els nivells sonors marcats. El fabricant dona la potència sonora, però com s'ha vist anteriorment la dada que interessa es la pressió sonora. Altrament, com que la potència que dona el fabricant ja es inferior als 45 dB que marca el RITE, no es calcularà la pressió sonora total a cada sala.

Conjuntament a les boques d'extracció, serà necessari instal·lar un ventilador que extregui l'aire per aquestes boques. Per tant, s'instal·larà un ventilador SODECA SV-315/H que permet extreure un cabal de 2100 m³/h.

3.1.9- Selecció de la unitat de pretractament d'aire (UPA)

Anteriorment s'han definit quins serien els cassets necessaris tant de la marca Carrier com de Systemair per a la zona climatitzada amb fan-coils, però aquesta zona rebrà l'aire climatitzat mitjançant una unitat de pretractament d'aire (UPA). Aquest climatitzador només haurà de combatre la càrrega de refrigeració de l'aire de ventilació de manera que les càrregues procedents per les parets, il·luminació i demés les combatran els cassets. A continuació es dimensionarà la potència de les bateries d'aquesta UPA. Per dimensionar-les, serà necessari la utilització del gràfic 4, on trobarem les entalpies dels punts.

- Potència bateria de fred:

$$P = q \cdot \rho \cdot \Delta H$$

$$P = 45 \text{ persones} \cdot 45 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \cdot 1,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(90,5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 41 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right) \rightarrow P = \mathbf{33,4 \text{ kW}}$$

- Potència bateria de calor:

$$P = 45 \text{ persones} \cdot 45 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \cdot 1,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(45 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 3,2 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right) \rightarrow P = \mathbf{28,215 \text{ kW}}$$

3.1.10- Selecció de la bomba de calor

Per al càlcul de la bomba de calor, s'haurà de tenir en compte la càrrega total sensible de refrigeració dels fan-coils, la càrrega que haurà de combatre la bateria del climatitzador central per refrigeració i la càrrega del climatitzador dels fan-coils per refrigeració.

- Fan-coils = 45,319 kW
- Bateria fred climatitzador central = 56,47 kW
- Bateria fred climatitzador de les sales de visites + juntes = 18,66 kW
- Bateria de fred climatitzador dels fan-coils = 33,4 kW
- TOTAL = **154 kW**

La bomba de calor utilitzada haurà de tenir una potència total de 154 kW.

3.2- Sistema 2: Climatització mitjançant fan-coils a 4 tubs i comportes de cabal variable

Com s'ha comentat anteriorment, aquest segon sistema constarà de dos mètodes diferents per combatre les càrregues tèrmiques de l'edifici i aportar les condicions de confort esmentades. Pel que fa a les sales situades en les zones perimetrals de la nau, es climatitzaran mitjançant fan-coils a 4 tubs, fet que permetrà que cada sala pugui regular si vol calefactar o refrigerar. Pel que fa a les sales interiors s'optarà per la climatització mitjançant un climatitzador central. Aquest aire climatitzat provinent del climatitzador s'impulsarà a les sales mitjançant difusors.

3.2.1- Selecció dels fan-coils

Les sales a climatitzar amb aquest fan-coils a 4 tubs son les mateixes que pel sistema 1. En aquest cas, les ofertes tant de Carrier com de Systemair son diferents, ja que els cassets utilitzats canvien.

CARRIER

La marca Carrier ofereix el model 42GWD, un casset a 4 tubs que encaixa amb les nostres necessitats (Annex 8). Per la selecció d'aquest model, es tindrà en compte el mateix paràmetre que pels fan-coils a dos tubs i no es podran superar els 45 dB(A) de soroll.

A continuació es mostra una taula amb la potència que ofereixen les diferents opcions d'aquest model de casset. Les dades oferides per Carrier son per als cassets funcionant a la velocitat màxima, per tant si escollim un casset que funcioni a velocitat mitja o baixa s'haurà d'aplicar un coeficient de correcció facilitat pel fabricant per calcular la potència real que ofereix.

La taula 13 mostra els diferents cassets que serien útils per a les nostres necessitats.

Taula 31. Cassets Carrier del model 42GWD

		42GWD004		42GWD008		42GWD0010		42GWD0020	
		30 (Vel. Baixa)		32 (Vel. Mitja)		39 (Vel. Mitja)		33 (Vel. Baixa)	
Refrigeració	Db(A)	30 (Vel. Baixa)		32 (Vel. Mitja)		39 (Vel. Mitja)		33 (Vel. Baixa)	
	kWt / kW	1,38	1,19	3,76	2,75	4,4	3,26	10,63	7,28
	Correcció	0,79	0,79	0,6	0,6	0,63	0,63	0,37	0,37
	kWt corr. / kW corr.	1,09	0,94	2,26	1,65	2,77	2,05	3,96	2,59
Calefacció	kWt corr. / kW corr.	4,50	4,50	4,06	4,06	5,39	5,39	5,81	5,81
	Ventilador (m3/h)	360		489,6		601		1684	

Seguint els mateixos passos que per la selecció dels fan-coils a dos tubs i seleccionem els cassets més adequats per cada sala en funció de la potència requerida.

Taula 32. Casets Carrier 42 GWD seleccionats

nº Sala	Wsensible Refrigeració [W]	CARRIER				Renov./h
		42GWD004	42GWD008	42GWD010	42GWD020	
		940W	1650W	1995W	2590W	
01	4161			2		9,0
02	13015				5	15,2
03	2908		2			10,0
04	834	1				7,9
08	2431				1	13,8
09	720	1				9,8
10	738	1				9,4
11	824	1				8,1
12	629	1				12,0
13	635	1				11,8
14	635	1				11,8
15	635	1				11,8
16	495	1				11,7
17	387	1				12,3
29	1210		1			11,9
30	1107	1				8,3
31	1289		1			11,8
32	1039	1				8,8
36	1114	1				10,5
37	884	1				10,3
38	5165		3			9,3
39	3450		2			4,4
40	1014		1			11,5
	45865	14	10	2	6	32

Es necessitarien 32 cassets Carrier per poder climatitzar el complex. A continuació es realitza el càlcul de la pressió sonora total sala a sala.

Taula 33. Pressió sonora total provocada pels cassets a cada sala

nº Sala	Pressió sonora total
	dB
01	42,0
02	40,0
03	35,0
04	30,0
08	33,0
09	30,0
10	30,0
11	30,0
12	30,0
13	30,0
14	30,0
15	30,0
16	30,0
17	30,0
29	32,0
30	30,0
31	32,0
32	30,0
36	30,0
37	30,0
38	36,8
39	35,0
40	32,0

Un cop seleccionats els cassets es farà una comparació amb els cassets de Systemair, per comparar prestacions i la pressió sonora que produeixen.

SYSTEMAIR

Pel que fa a Systemair, ofereix el model Syscassette (Annex 9) amb opció de 2 tubs i 4 tubs. Per aquest sistema, es consideren els de 4 tubs mantenint el límit acústic a 45 dB(A).

La taula 14 mostra els diferents cassets que serien útils per a les necessitats d'aquest complex.

Taula 34. Cassets Systemair del model Syscassette

		41		42		43		44	
Db(A)		37 (Vel. Mitja.)		32 (Vel. Mitja)		39 (Vel. Mitja)		37 (Vel. Mitja)	
Refrigeració	kWt / kW	1,66	1,47	2,39	1,95	2,94	2,29	4,06	3,27
Calefacció	kWt / kW	1	1	1,37	1,37	1,57	1,57	2,22	2,22
Ventilador (m3/h)		510		492		513		768	

I els fan-coils necessaris per cada sala serien:

Taula 35. Cassetts Systemair seleccionats

nº Sala	Wsensible Refrigeració [W]	SYSTEMAIR				Renov./h
		41	42	43	44	
		1470	1950	2290	3270	
01	4161			2		7,6
02	13015				4	5,5
03	2908				1	7,8
04	834	1				11,2
08	2431			1		4,2
09	720	1				13,8
10	738	1				13,3
11	824	1				11,4
12	629	1				17,1
13	635	1				16,8
14	635	1				16,8
15	635	1				16,8
16	495	1				16,6
17	387	1				17,4
29	1210	1				12,4
30	1107	1				11,8
31	1289	1				12,3
32	1039	1				12,5
36	1114	1				14,9
37	884	1				14,6
38	5165				2	9,7
39	3450		2			4,4
40	1014	1				12,0
	45865	19	2	3	7	31

En total es necessitarien 31 fan-coils Systemair per poder climatitzar tot el complex d'oficines. Es pot comprovar que els nivells acústics sobrepassen notablement els límits establerts fet que fan els Carrier més adequats.

3.2.2- Selecció dels climatitzadors

Tant el climatitzador de la zona central com el climatitzador de les sales de visites hauran de tenir la mateixa potència que pels sistema 1.

3.2.3- Selecció dels difussors dels climatitzadors central i de visites

Com que la climatització mitjançant climatitzadors és comuna tant pel sistema 1 com pel sistema 2, la selecció dels difusors és la mateixa.

3.2.4- Selecció de les reixes d'extracció

Les reixes d'extracció utilitzades tant al climatitzador central com al de visites seran les mateixes

que al sistema 1.

3.2.5- Selecció de les boques d'extracció

Tot i que els cassets son diferents, l'aire a extreure és el mateix que en el sistema 1 i per tant s'utilitzaran les mateixes boques TROX LVS.

3.2.6- Selecció de la unitat de pretractament de l'aire

De la mateixa manera que els climatitzadors, la unitat de pretractament d'aire dels fan-coils tindrà la mateixa potència que en el sistema 1.

3.2.7- Selecció de la bomba de calor

Pel que fa al càlcul de la bomba de calor, la potència requerida serà la mateixa que per al sistema 1.

- Fan-coils = 45,319 kW
- Bateria fred climatitzador central = 56,47 kW
- Bateria fred climatitzador de les sales de visites + juntes = 18,66 kW
- Bateria de fred climatitzador dels fan-coils = 33,4 kW
- TOTAL = **154 kW**

La màquina haurà d'aportar 154 kW.

3.3- Sistema 3: Climatització mitjançant bigues fredes

Com s'ha comentat anteriorment a la memòria, aquest sistema combatrà les càrregues tèrmiques amb un únic element, la biga d'inducció. A continuació, es seleccionaran les bigues més adients per cada sala per tal de combatre les càrregues tèrmiques existents així com la unitat de tractament d'aire (DOAS) que requereix i la refredadora necessària per aportar aigua calenta i freda a les bateries.

3.3.1- Selecció de les vigues fredes

TROX

La marca TROX ofereix un model de viga freda activa DID632 a dos i a quatre tubs. En el aquest cas, s'utilitzaran les de 4 tubs que aporten un millor confort a la instal·lació. Per la selecció d'aquest model, es tindrà en compte el mateix paràmetre que pels fan-coils a dos i a quatre tubs i no es podran superar els 45 dB(A) de soroll.

A continuació es mostra una taula amb la potència que ofereixen les diferents opcions d'aquest model de biga freda activa. La mida del model seleccionat correspon a 1200mm de llargada per 600 mm d'amplada (mides dels panells dels sostre de les oficines).

La taula 24 mostra les prestacions de les diferents opcions de biga del model DID632.

Taula 36. Vigues fredes TROX DID632

		DID632-1200Z			DID632-1200M		
Refrigeració	Potència Sonora [dB(A)]	20 (Cabal baix)	20 (Cabal mitjà)	26 (Cabal màx)	20 (Cabal baix)	23 (Cabal mitjà)	32 (Cabal màx)
	Capacitat refredament aire primari (W)	433	584	679	447	585	705
	Capacitat tèrmica aigua (W)	96	144	192	145	205	290
	Capacitat tèrmica total (W)	529	728	871	592	790	995
	Cabal d'aire primari (l/s)	8	12	16	12	17	24
Calefacció	Capacitat tèrmica total (W)	628	839	970	648	841	1006

		DID632-1200G			DID632-1200U		
Refrigeració	Potència Sonora [dB(A)]	22 (Cabal baix)	34 (Cabal mitjà)	42 (Cabal màx)	33 (Cabal baix)	37 (Cabal mitjà)	41 (Cabal màx)
	Capacitat refredament aire primari (W)	496	656	762	577	623	661
	Capacitat tèrmica aigua (W)	254	386	530	434	506	579
	Capacitat tèrmica total (W)	750	1042	1292	1011	1129	1240
	Cabal d'aire primari (l/s)	21	32	44	36	42	48
Calefacció	Capacitat tèrmica total (W)	718	939	1083	830	893	945

Com s'ha comentat anteriorment, la pressió sonora màxima permesa es de 45 dB(A) i la selecció de les bigues anirà en funció d'aquest paràmetre. El catàleg de TROX classifica les bigues en funció de la potència sonora de la biga, fet que obliga a transformar aquest valor a pressió sonora per conèixer quin es el soroll real que fan. A continuació procedim a calcular la pressió sonora de les bigues que s'han utilitzat.

Segons el llibre “Fundamentals 2013” de l'ASHRAE, la formula per calcular la pressió sonora en un local es fa a través de la fórmula següent (annex 12):

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot d^2} \right) + \frac{4}{A}$$

- L_p = Pressió acústica (dB)
- L_w = Nivell acústic que entra al local (dB)
- Q = Directivitat
 - 1 = boca al mig de la sala (equivaldria a un globus flotant)
 - 2 = boca al sostre (equivaldria a un difusor)
 - 4 = boca en una paret al costat del sostre (equival a una reixa)
 - 8 = Boca en una cantonada (reixa al costat d'un sostre i d'una paret)
- d = Distància entre la boca i l'oient (m)
- A = Capacitat d'absorció del local (m²)

En aquest cas, no es coneix la capacitat d'absorció del local i ens veiem obligats a utilitzar un altre mètode per calcular la pressió sonora. S'utilitzarà el gràfic desenvolupat per l'empresa GEA que es la representació gràfica de la formula (gràfic 5).

Per utilitzar aquest gràfic només s'ha de conèixer el volum de la sala, la distància a la que estarà la font sonora de les persones, el factor de direccionalitat i el tipus d'edifici que tinguem.

Amb aquestes dades, es podrà calcular la diferència entre els nivells sonors i s'aplicarà la fórmula següent:

$$\Delta L = L_w - L_p [dB]$$

- ΔL = Diferència entre els nivells sonors
- LW = Potència sonora (dB)
- LP = Pressió sonora (dB)

A continuació es calcularà quina es la diferència entre els nivells sonors per sales amb el volum següent:

0 m ³ ≤ 50 m ³
50 m ³ ≤ 100 m ³
100 m ³ ≤ 150 m ³
150 m ³ ≤ 200 m ³
200 m ³ ≤ 550 m ³
550 m ³ ≤ 1000 m ³

Per utilitzar el gràfic 5 s'ha de conèixer la distància de la font sonora. En aquest cas, des del sostre on estarà col·locada la biga a l'oïda d'una persona mitja de 1.75 metres hi haurà 2 metres. Pel que fa al factor de direccionalitat, la biga freda estarà situada al mig del sostre fet que farà que el soroll només tingui un rang d'atac de 180°, per aquest motiu se li atribueix un factor direccional de 2. Conjuntament, el gràfic dona diversos factors d'absorció (α) en funció del tipus d'edificació que es tracti. Es considera que la superfície d'una paret que absorbeix totes les ones sonores té un factor d'absorció $\alpha=1$. Per tant els valors α del diagrama representen una relació entre la absorció real i l'absorció ideal d'una paret. Com que l'edifici estudiat és un complex d'oficines, segons el gràfic s'utilitzarà una $\alpha=0,15$.

Amb aquestes dades i el volum de la sala es troba que:

Taula 37. Diferència de nivells sonors per volum de sala

Volum de la sala (m³)	ΔL
0 m ³ ≤ 50 m ³	4
50 m ³ ≤ 100 m ³	5,3
100 m ³ ≤ 150 m ³	6
150 m ³ ≤ 200 m ³	6,3
200 m ³ ≤ 550 m ³	8
550 m ³ ≤ 1000 m ³	10

Les bigues fredes necessàries per cada sala son les següents:

Taula 38. Bigues fredes TROX seleccionades

nº Sala	Wsensible [W]	TROX												Diferència nivells sonors	Pressió sonora	Renov./h
		1200Z 529W	1200Z 728W	1200Z 871W	1200M 592W	1200M 790W	1200M 995W	1200G 750W	1200G 1042W	1200G 1292W	1200U 1011W	1200U 1129W	1200U 1240W			
01	4161				7									6	20	5
02	13015				22									8	12	5
03	2908		4											5,3	14,7	5
04	834			1										4	22	5
08	2431					3								6	17	5
09	720		1											4	16	5
10	738		1											4	16	5
11	824					1								4	19	5
12	629				1									4	16	5
13	635				1									4	16	5
14	635				1									4	16	5
15	635				1									4	16	5
16	495	1												4	16	5
17	387	1												4	16	5
21	2907		4											6,3	13,7	5
22	1427		2											5,3	14,7	5
23	347	1												4	16	5
24	347	1												4	16	5
25	617		1											4	16	5
26	347	1												4	16	5
27	347	1												4	16	5
28	1224												1	5,3	35,7	5
29	1210												1	4	37	5
30	1107											1		4	33	5
31	1289									1				4	38	5
32	1039								1					4	30	5
33	2342					3								5,3	17,7	5
34	3309											3		8	29	5
35	32114												26	10	31	5
36	1114								1					4	30	5
37	884			1										4	22	5
38	5165								5					6,3	27,7	5
39	3450											3		8	29	5
40	1014										1			4	29	5
	90647	6	13	2	33	7	0	0	7	1	1	7	28	105	Vigues fredes totals	

Es necessitarien un total de 105 bigues fredes per poder combatre les càrregues tèrmiques de l'edifici. S'ha de tenir en compte que la pressió sonora que mostra la taula anterior equival a 1 biga freda del model escollit. La pressió sonora total que tindrem a cada sala es mostra a la taula següent:

Taula 39. Pressió sonora total provocada per les bigues a cada sala

nº Sala	Pressió sonora total dB
01	20
02	25,4
03	20,7
04	22
08	21,8
09	16
10	16
11	19
12	16
13	16
14	16
15	16
16	16
17	16
21	19,7
22	17,7
23	16
24	16
25	16
26	16
27	16
28	35,7
29	37
30	33
31	38
32	30
33	22,47
34	33,8
35	45,9
36	30
37	22
38	34,7
39	33,8
40	29

La pressió sonora mitja instal·lant les bigues fredes seria de 24,23 dB.

3.3.2- Selecció de la DOAS (Dedicated Outside Air System)

Aquest sistema de tractament de l'aire només haurà de combatre les càrregues referents a la ventilació de manera que les càrregues procedents per les parets, il·luminació i demés les combatran les bigues fredes. A continuació es dimensionarà la potència de les bateries d'aquesta DOAS. Per dimensionar-les, serà necessari la utilització del gràfic 6, on es troben les entalpies dels punts.

Primer es busca el cabal necessària a aportar en funció del número de persones que tinguem:

$$AE = 83 \text{ pers.} \cdot 45 \text{ m}^3/\text{h} = 3735 \text{ m}^3/\text{h} = 1,0375 \text{ m}^3/\text{s}$$

Durant l'època en que es necessària la refrigeració, s'impulsarà l'aire de la DAOS cap a les bigues fredes a 14°C. En aquestes condicions, la potència de la bateria de refrigeració hauria de ser:

$$P_{bat. refr.} = q \cdot \rho \cdot \Delta H \rightarrow 1,0375 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(90,5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 38 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right) \rightarrow P = 65,36 \text{ kW}$$

Pel que fa a la bateria de calefacció, impulsarà l'aire a 20,8°C. Amb aquestes condicions la potència de la bateria de calefacció haurà de ser de:

$$P_{bat.refr.} = q \cdot \rho \cdot \Delta H \rightarrow 1,0375 \frac{m^3}{s} \cdot 1,2 \frac{Kg}{m^3} \cdot (26,1 \frac{KJ}{Kg} - 3,3 \frac{KJ}{Kg}) \rightarrow P = 28,386 kW$$

Per poder aconseguir els 55% d'humitat relativa que volem, haurem d'humidificar l'aire que impulem de la bateria de calefacció. A continuació es calcula la quantitat d'humitat que s'haurà d'aportar:

$$X = q \cdot \rho \cdot \Delta x \rightarrow X = 3735 \frac{m^3}{h} \cdot 1,2 \frac{Kg}{m^3} \cdot (8,5 \frac{g}{Kg} - 2,6 \frac{g}{Kg}) \rightarrow X = 26443,8 g = 26,4 Kg$$

Es necessitarà un humectador de 27 Kg.

3.3.3- Selecció de les boques d'extracció

Les boques d'extracció que s'utilitzaran seran les mateixes que per al sistema 2, les LVS de TROX. La única diferència que tindrà aquest sistema es que haurà d'extreure tot l'aire de ventilació de les persones cosa que implica augmentar el número de boques d'extracció. Les 83 persones presents al complex d'oficines requereixen una extracció d'aire de 3725 m³/h. La selecció de les boques es mostra a continuació:

Taula 40. Boques d'extracció per sala

BOQUES D'EXTRACCIO					
Model LVS200					
n1 Sala	Cabal m3/h	Opertura boca mm	Potència sonora dB	Pèrdua de càrrega Pa	nº unitats
Sala 5:	250	0	30	50	1
Sala 6:	250	0	30	50	1
Sala 7:	500	20	34	50	1
Sala 16:	500	20	34	50	1
Sala 17:	500	20	34	50	1
Sala 18:	250	0	30	50	1
Sala 33:	500	20	34	50	1
Sala 34:	500	20	34	50	2

Col·locant 3 boques d'extracció més que al sistema 1 complim els límits que marca el RITE.

4- CONSUM ENERGÈTIC DE CADA SISTEMA

Per avaluar el cost econòmic d'una instal·lació son necessària una sèrie de dades tècniques, meteorològiques, econòmiques i funcionals de la instal·lació. Per als sistemes estudiats, el càlcul del consum energètic es farà per una instal·lació de clima completa on es controlen tant la temperatura com la humitat. La formula corresponent per calcular el consum energètic anual de cada sistema s'ha extret del llibre "ASHRAE Fundamentals 2013" i es la següent:

$$Ce = \frac{Pr \cdot 24h \cdot J_{dia}}{\Delta J}$$

- Ce = Consum energètic anual de refrigeració/calefacció (kW/any)
- Pr = càrrega tèrmica total de refrigeració/calefacció de la instal·lació (kW)
- 24 = 24 hores que té el dia
- J_{dia} = Número d'entalpia/dia entre l'exterior i la entalpia interior (KJ/Kg/dia)

4.1- Consum energètic del sistema 1

Utilitzant la fórmula esmentada anteriorment, a continuació es calcularà el consum energètic de la instal·lació:

- FAN-COILS 2 TUBS:

Refrigeració

En aquest cas, per conèixer la diferència d'entalpies entre les condicions exteriors i interiors s'haurà d'utilitzar el gràfic 4. Altrament, mitjançant la taula extreta de l'ASHRAE que es pot veure a l'annex 13 veiem el número d'entalpia/dia a les condicions a les que volem la sala a l'estiu (50KJ/Kg).

La càrrega tèrmica que s'haurà de combatre a la zona de fan-coils, és de 48,021 kW referents a les càrregues de les sales. Pel que fa a les càrregues referents a la ventilació, les hem de calcular:

- Càrrega tèrmica referent a la ventilació:

$$AE = 45 \frac{m^3}{h} \cdot 45 \text{ persones} = 2025 \frac{m^3}{h}$$

$$P = 2025 \frac{m^3}{h} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \left(90,5 \frac{KJ}{Kg} - 41 \frac{KJ}{Kg} \right) = 33,4 \text{ kW}$$

Un cop coneguda la potència referent a la ventilació, ja es pot calcular el consum energètic anual.

$$Ce = \frac{(48,021 + 33,4) \text{ kW} \cdot 24h \cdot 809 \frac{KJ}{Kg \cdot dia}}{90,5 \frac{KJ}{Kg} - 50 \frac{KJ}{Kg}} = 39033,74 \frac{kW}{any}$$

Com que l'aigua freda per refrigerar l'aportara una bomba de calor, s'ha de buscar quin és l'ERR d'aquesta bomba de calor per poder saber finalment quin serà el consum elèctric real a l'any dels fan-coils a 2 tubs. A la fitxa tècnica de la bomba de calor Climaveneta de 2 tubs (Annex 14) es troba que el seu ERR és de 2,81.

$$Consum_{elèctric} = \frac{39033,74 \text{ kW}}{2,81} = 13891 \frac{kW \text{ elèctrics}}{any}$$

Amb una tarifa de 0,12€/kW el consum anual per la refrigeració de la zona de fan-coils a 2 tubs serà de:

$$Cost = 13891 \frac{kW \text{ elec.}}{\text{any}} \cdot 0,12 \frac{\text{€}}{kW} = 1666,92 \frac{\text{€}}{\text{any}}$$

Calefacció

Per conèixer el consum que es tindrà durant la climatització per calefacció de la zona de fan-coils, també s'utilitzarà el gràfic 4 i l'annex 14 per conèixer l'entalpia/dia a les condicions que volem a la sala durant l'hivern. La càrrega tèrmica a combatre de la sala es de 18,88 kW i la referent a la ventilació es calcula a continuació:

- Càrrega tèrmica referent a la ventilació:

$$P = 2025 \frac{m^3}{h} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot (45 \frac{KJ}{Kg} - 3,3 \frac{KJ}{Kg}) = 28,215 kW$$

Per tant, el consum energètic anual serà de:

$$C_e = \frac{(18,88 + 28,215) kW \cdot 24h \cdot 6583 \frac{KJ}{Kg \cdot dia}}{45,3 \frac{KJ}{Kg} - 3,3 \frac{KJ}{Kg}} = 177157,93 \frac{kW}{any}$$

L'aigua calenta que s'utilitzarà per calefactar aquestes sales prové de la bomba de calor a 2 tubs que té un COP de 3,08. Per tant, el consum elèctric anual real serà de:

$$Consum \text{ elèctric} = \frac{177157,93 \frac{kW}{any}}{3,08} = 57518,81 \frac{kW \text{ elèctrics}}{any}$$

I el cost anual d'aquest consum amb una tarifa de 0,12€/kW serà de:

$$Cost = 57518,81 \frac{kW \text{ elec.}}{any} \cdot 0,12 \frac{\text{€}}{kW} = 6902,26 \frac{\text{€}}{any}$$

· CLIMATITZADOR CENTRAL:

Al climatitzador central les entalpies/dia trobades a l'annex 13 es mantindran ja que les condicions que volem a les sales són les mateixes tant per refrigeració com per calefacció.

Refrigeració

De la mateixa manera que s'ha fet als fan-coils, a continuació es calcula quin serà el consum energètic de la zona del climatitzador central. Per conèixer les entalpies de les condicions externes i internes d'aquest climatitzador s'haurà d'utilitzar el gràfic 2. La càrrega tèrmica de la sala es de 39,087 kW mentre que la de ventilació es calcula a continuació:

- Càrrega tèrmica referent a la ventilació:

$$AE = 45 \frac{m^3}{h} \cdot 22 \text{ persones} = 990 \frac{m^3}{h}$$

$$P = 990 \frac{m^3}{h} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \left(54 \frac{KJ}{Kg} - 41 \frac{KJ}{Kg} \right) = 4,29 kW$$

El consum energètic d'aquest climatitzador serà de:

$$Ce = \frac{(39,087 + 4,29) kW \cdot 24h \cdot 809 \frac{KJ}{Kg \cdot dia}}{90,5 \frac{KJ}{Kg} - 50 \frac{KJ}{Kg}} = 20795,26 \frac{kW}{any}$$

L'aigua freda també l'aporta la bomba de calor fet que el consum anual real es de:

$$Consum\ elèctric = \frac{20795,26 \frac{kW}{any}}{2,81} = 7400,44 \frac{kW\ elèctrics}{any}$$

Amb una tarifa de 0,12€/kW el cost anual per la refrigeració de la zona del climatitzador central serà de:

$$Cost = 7400,44 \frac{kW\ elec.}{any} \cdot 0,12 \frac{€}{kW} = 888,05 \frac{€}{any}$$

Calefacció

Les entalpies de les condicions internes i externes durant la calefacció les trobem al gràfic 2. Coneixent la càrrega tèrmica de la sala, a continuació es calcula la càrrega tèrmica de la ventilació:

Càrrega tèrmica referent a la ventilació:

$$P = 990 \frac{m^3}{h} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \left(46,7 \frac{KJ}{Kg} - 41,9 \frac{KJ}{Kg} \right) = 1,584 kW$$

El consum energètic anual serà de :

$$Ce = \frac{(11,339 + 1,584) kW \cdot 24h \cdot 6583 \frac{KJ}{Kg \cdot dia}}{45,3 \frac{KJ}{Kg} - 3,3 \frac{KJ}{Kg}} = 48612,63 \frac{kW}{any}$$

Com que la bomba de calor es la mateixa, es manté el COP de 3,08.

$$Consumel\grave{e}ctric = \frac{48612,63 \frac{kW}{any}}{3,08} = 15783,32 \frac{kW el\grave{e}ctrics}{any}$$

Amb una tarifa de 0,12€/kW el cost anual per la calefacció de la zona del climatitzador central serà de:

$$Cost = 15783,32 \frac{kW elec.}{any} \cdot 0,12 \frac{€}{kW} = 1894 \frac{€}{any}$$

· CLIMATITZADOR DE LES SALES DE VISITES I DE JUNTES:

Al climatitzador de les sales de visites i de juntes les entalpies/dia que trobàvem a l'annex 13 es mantindran ja que les condicions que volem a les sales son les mateixes tant per refrigeració com per calefacció.

Refrigeració

Les entalpies de les condicions externes i internes d'aquest climatitzador es troben utilitzant el gràfic 3. Com s'ha fet anteriorment, a continuació es calcula la càrrega tèrmica de la ventilació:

Càrrega tèrmica referent a la ventilació:

$$AE = 45 \frac{m^3}{h} \cdot 16 \text{ persones} = 720 \frac{m^3}{h}$$

$$P = 720 \frac{m^3}{h} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot (62,5 \frac{KJ}{Kg} - 38,5 \frac{KJ}{Kg}) = 5,76 kW$$

El consum energètic anual serà de:

$$Ce = \frac{(8,523 + 5,76) kW \cdot 24h \cdot 809 \frac{KJ}{Kg \cdot dia}}{90,5 \frac{KJ}{Kg} - 50 \frac{KJ}{Kg}} = 6847,376 \frac{kW}{any}$$

L'aigua freda també l'aporta la bomba de calor fet que el consum anual real es de:

$$Consumel\grave{e}ctric = \frac{6847,376 \frac{kW}{any}}{2,81} = 2436,8 \frac{kW el\grave{e}ctrics}{any}$$

Amb una tarifa de 0,12€/kW el cost anual per la refrigeració de la zona del climatitzador central serà de:

$$Cost = 2436,8 \frac{kW elec.}{any} \cdot 0,12 \frac{€}{kW} = 292,4 \frac{€}{any}$$

Calefacció

Les entalpies de les condicions internes i externes durant la calefacció les trobem al gràfic 3. El càlcul de la càrrega de ventilació es mostra a continuació:

- Càrrega tèrmica referent a la ventilació:

$$P = 720 \frac{m^3}{h} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot (46,7 \frac{KJ}{Kg} - 41,9 \frac{KJ}{Kg}) = 2,76 kW$$

El consum energètic anual d'aquest climatitzador serà de:

$$C_e = \frac{(2,807 + 2,76) kW \cdot 24h \cdot 6583 \frac{KJ}{Kg \cdot dia}}{45,3 \frac{KJ}{Kg} - 3,3 \frac{KJ}{Kg}} = 20941,46 \frac{kW}{any}$$

Com que la bomba de calor es la mateixa, es manté el COP de 3,08.

$$Consum\ elèctric = \frac{20941,46 \frac{kW}{any}}{3,08} = 6799,18 \frac{kW\ elèctrics}{any}$$

Amb una tarifa de 0,12€/kW el cost anual per la calefacció de la zona del climatitzador central serà de:

$$Cost = 6799,18 \frac{kW\ elec.}{any} \cdot 0,12 \frac{€}{kW} = 815,9 \frac{€}{any}$$

CONSUM ANUAL TOTAL DE REFRIGERACIÓ: 1666,92€ + 888,05€ + 292,4€ = 2847,37€

CONSUM ANUAL TOTAL DE CALEFACCIÓ: 6902,26€ + 1894€ + 815,9€ = 9612,16€

CONSUM ANUAL TOTAL: 12459,53€

4.2- Consum energètic del sistema 2

S'utilitzarà el mateix procediment seguit al sistema 1 per calcular el consum total i el cost energètic total d'aquest sistema.

- FAN-COILS 4 TUBS:

Refrigeració

Per conèixer la diferència d'entalpies entre les condicions exteriors i interiors s'haurà d'utilitzar el gràfic 4. Altrament, mitjançant la taula extreta de l'ASHRAE que es pot veure a l'annex 13 veiem el número d'entalpia/dia a les condicions a les que volem la sala a l'estiu (50KJ/Kg). Com que les

càrregues tèrmiques de les sales com la de ventilació son iguals, el consum energètic serà el mateix que el dels fan-coils a 2 tubs.

$$C_e = \frac{(48,021 + 33,4) \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} \cdot 809 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot \text{dia}}}{90,5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 50 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}} = 39033,74 \frac{\text{kW}}{\text{any}}$$

En aquest segon sistema, l'aigua freda per refrigerar ens l'aportara una bomba de calor a 4 tubs que tindrà un ERR diferent a la bomba de calor a 2 tubs. A la fitxa tècnica de la bomba de calor Climaveneta de 4 tubs (Annex 15) es troba que el seu ERR es de 2,41.

$$\text{Consum elèctric} = \frac{39033,74 \frac{\text{kW}}{\text{any}}}{2,41} = 16196,57 \frac{\text{kW elèctrics}}{\text{any}}$$

Amb una tarifa de 0,12€/kW el consum anual per la refrigeració de la zona de fan-coils a 2 tubs serà de:

$$\text{Cost} = 16196,57 \frac{\text{kW elec.}}{\text{any}} \cdot 0,12 \frac{\text{€}}{\text{kW}} = 1943,6 \frac{\text{€}}{\text{any}}$$

Calefacció

Per conèixer el consum que es tindrà durant la climatització per calefacció de la zona de fan-coils, també s'utilitzarà el gràfic 4 i l'annex 13 per conèixer l'entalpia/dia a les condicions que es volen a la sala durant l'hivern. De la mateixa manera que a la refrigeració, el consum energètic anual dels fan-coils a 4 tubs serà el mateix que els dels 2 tubs.

$$C_e = \frac{(18,88 + 28,215) \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} \cdot 6583 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot \text{dia}}}{45,3 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 3,3 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}} = 177157,93 \frac{\text{kW}}{\text{any}}$$

L'aigua calenta que s'utilitzarà per calefactar aquestes sales prové de la bomba de calor a 4 tubs que té un COP de 2,86. Per tant, el consum elèctric anual real serà de:

$$\text{Consum elèctric} = \frac{177157,93 \frac{\text{kW}}{\text{any}}}{2,86} = 61943,5 \frac{\text{kW elèctrics}}{\text{any}}$$

I el cost anual d'aquest consum amb una tarifa de 0,12€/kW serà de:

$$\text{Cost} = 61943,5 \frac{\text{kW elec.}}{\text{any}} \cdot 0,12 \frac{\text{€}}{\text{kW}} = 7433,22 \frac{\text{€}}{\text{any}}$$

· CLIMATITZADOR CENTRAL:

Al climatitzador central les entalpies/dia trobades a l'annex 13 es mantindran ja que les condicions a les sales son les mateixes tant per refrigeració com per calefacció.

Refrigeració

De la mateixa manera que s'ha fet als fan-coils, a continuació es calcula quin serà el consum energètic de la zona del climatitzador central. Per conèixer les entalpies de les condicions externes i internes d'aquest climatitzador s'haurà d'utilitzar el gràfic 2. De la mateixa manera que passa amb els fan-coils, el consum energètic del climatitzador central serà el mateix tant pel sistema 1 com pel sistema 2.

$$Ce = \frac{(39,087 + 4,29) \text{ kW} \cdot 24\text{h} \cdot 809 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot \text{dia}}}{90,5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 50 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}} = 20795,26 \frac{\text{kW}}{\text{any}}$$

L'aigua freda també l'aporta la bomba de calor fet que el consum anual real es de:

$$\text{Consum elèctric} = \frac{17738,6 \frac{\text{kW}}{\text{any}}}{2,41} = 7360,41 \frac{\text{kW elèctrics}}{\text{any}}$$

Amb una tarifa de 0,12€/kW el cost anual per la refrigeració de la zona del climatitzador central serà de:

$$\text{Cost} = 8626,74 \frac{\text{kW elec.}}{\text{any}} \cdot 0,12 \frac{\text{€}}{\text{kW}} = 1035,45 \frac{\text{€}}{\text{any}}$$

Calefacció

Les entalpies de les condicions internes i externes durant la calefacció les trobem al gràfic 2. El consum energètic és el mateix que al climatitzador central del sistema 1.

$$Ce = \frac{(11,339 + 1.584) \text{ kW} \cdot 24\text{h} \cdot 6583 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot \text{dia}}}{45,3 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 3,3 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}} = 48612,63 \frac{\text{kW}}{\text{any}}$$

Com que la bomba de calor es la mateixa, es manté el COP de 2,86.

$$\text{Consum elèctric} = \frac{48612,63 \frac{\text{kW}}{\text{any}}}{2,86} = 16997,4 \frac{\text{kW elèctrics}}{\text{any}}$$

Amb una tarifa de 0,12€/kW el cost anual per la calefacció de la zona del climatitzador central serà de:

$$Cost = 16997,4 \frac{kW \text{ elec.}}{any} \cdot 0,12 \frac{€}{kW} = 2039,7 \frac{€}{any}$$

· CLIMATITZADOR DE LES SALES DE VISITES I DE JUNTES:

Al climatitzador de les sales de visites i de juntes les entalpies/dia que trobàvem a l'annex 13 es mantindran ja que les condicions que volem a les sales son les mateixes tant per refrigeració com per calefacció.

Refrigeració

Les entalpies de les condicions externes i internes d'aquest climatitzador es troben utilitzant el gràfic 3. El consum energètic d'aquest climatitzador, serà el mateix que el del climatitzador de visites del sistema 1.

$$C_e = \frac{(8,523 + 5,76) kW \cdot 24h \cdot 809 \frac{KJ}{Kg \cdot dia}}{90,5 \frac{KJ}{Kg} - 50 \frac{KJ}{Kg}} = 6847,376 \frac{kW}{any}$$

L'aigua freda també l'aporta la bomba de calor a 4 tubs fet que el consum anual real serà de:

$$Consum \text{ elèctric} = \frac{6847,376 \frac{kW}{any}}{2,41} = 2841,23 \frac{kW \text{ elèctrics}}{any}$$

Amb una tarifa de 0,12€/kW el cost anual per la refrigeració de la zona del climatitzador central serà de:

$$Cost = 2841,23 \frac{kW \text{ elec.}}{any} \cdot 0,12 \frac{€}{kW} = 340,95 \frac{€}{any}$$

Calefacció

Les entalpies de les condicions internes i externes durant la calefacció les trobem al gràfic 3. El consum energètic de calefacció d'aquest climatitzador també serà el mateix que al sistema 1.

$$C_e = \frac{(2,807 + 2,76) kW \cdot 24h \cdot 6583 \frac{KJ}{Kg \cdot dia}}{45,3 \frac{KJ}{Kg} - 3,3 \frac{KJ}{Kg}} = 20941,46 \frac{kW}{any}$$

Com que la bomba de calor es la mateixa, es manté el COP de 2,86.

$$Consum \text{ elèctric} = \frac{20941,46 \frac{kW}{any}}{2,86} = 7322,2 \frac{kW \text{ elèctrics}}{any}$$

Amb una tarifa de 0,12€/kW el cost anual per la calefacció de la zona del climatitzador central serà de:

$$Cost = 7322,2 \frac{kW \text{ elec.}}{any} \cdot 0,12 \frac{€}{kW} = 878,66 \frac{€}{any}$$

CONSUM ANUAL TOTAL DE REFRIGERACIÓ: 1943,6€ + 1035,45€ + 340,95€ = 3320€

CONSUM ANUAL TOTAL DE CALEFACCIÓ: 7433,22€ + 2039,7€ + 878,66€ = 10351,58€

CONSUM ANUAL TOTAL: **13671,58€**

4.3- Consum energètic del sistema 3

Utilitzarem el mateix procediment utilitzat als dos sistemes anteriors per calcular el consum total i el cost energètic total d'aquest sistema.

· BIGUES FREDES:

Refrigeració

Per conèixer la diferència d'entalpies entre les condicions exteriors i interiors s'haurà d'utilitzar el gràfic 6. Altrament, mitjançant la taula extreta de l'ASHRAE que es pot veure a l'annex 13 veiem el número d'entalpia/dia a les condicions a les que es vol la sala a l'estiu (50KJ/Kg). La càrrega tèrmica que s'haurà de combatre a la zona de fan-coils, és de 95,631 kW referents a les càrregues de les sales. Pel que fa a les càrregues referents a la ventilació, les hem de calcular:

– Càrrega tèrmica referent a la ventilació:

$$AE = 45 \frac{m^3}{h} \cdot 83 \text{ persones} = 3735 \frac{m^3}{h}$$

$$P = 3735 \frac{m^3}{h} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \left(90,5 \frac{KJ}{Kg} - 38 \frac{KJ}{Kg} \right) = 65,36 \text{ kW}$$

Amb aquesta càrrega de ventilació i la càrrega de les sales, el consum energètic del sistema 3 seria de:

$$Ce = \frac{(95,631 + 65,36) \text{ kW} \cdot 24h \cdot 809 \frac{KJ}{Kg \cdot dia}}{90,5 \frac{KJ}{Kg} - 50 \frac{KJ}{Kg}} = 77180,28 \frac{kW}{any}$$

En aquest sistema, l'aigua freda per refrigerar ens l'aportarà una bomba de calor a 4 tubs que tindrà un ERR diferent a la bomba de calor a 2 tubs. A la fitxa tècnica de la bomba de calor Climaveneta de 4 tubs (Annex 15) es troba que el seu ERR es de 2,41.

$$Consum elèctric = \frac{77180,28 \frac{kW}{any}}{2,41} = 32025 \frac{kW elèctrics}{any}$$

Amb una tarifa de 0,12€/kW el consum anual per la refrigeració de la zona de fan-coils a 2 tubs serà de:

$$Cost = 32025 \frac{kW elec.}{any} \cdot 0,12 \frac{€}{kW} = 3843 \frac{€}{any}$$

Calefacció

Per conèixer el consum que tindrem durant la climatització per calefacció amb les bigues fredes, també haurem d'utilitzar el gràfic 6 i l'annex 13 per conèixer l'entalpia/dia a les condicions que es vol a la sala durant l'hivern. La càrrega tèrmica a combatre de la sala es de 33,026 kW i la referent a la ventilació es calcula a continuació:

– Càrrega tèrmica referent a la ventilació:

$$P = 3735 \frac{m^3}{h} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot (26,1 \frac{KJ}{Kg} - 3,3 \frac{KJ}{Kg}) = 28,386 kW$$

Per tant, el consum energètic anual serà de:

$$C_e = \frac{(33,026 + 28,386) kW \cdot 24h \cdot 6583 \frac{KJ}{Kg \cdot dia}}{45,3 \frac{KJ}{Kg} - 3,3 \frac{KJ}{Kg}} = 231014,4 \frac{kW}{any}$$

L'aigua calenta que s'utilitzarà per calefactar aquestes sales prové de la bomba de calor a 4 tubs que té un COP de 2,86. Per tant, el consum elèctric anual real serà de:

$$Consum elèctric = \frac{231014,4 \frac{kW}{any}}{2,86} = 80774,3 \frac{kW elèctrics}{any}$$

I el cost anual d'aquest consum amb una tarifa de 0,12€/kW serà de:

$$Cost = 80774,3 \frac{kW elec.}{any} \cdot 0,12 \frac{€}{kW} = 9692,9 \frac{€}{any}$$

CONSUM ANUAL TOTAL DE REFRIGERACIÓ = 3843€

CONSUM ANUAL TOTAL DE CALEFACCIÓ = 9692,9€

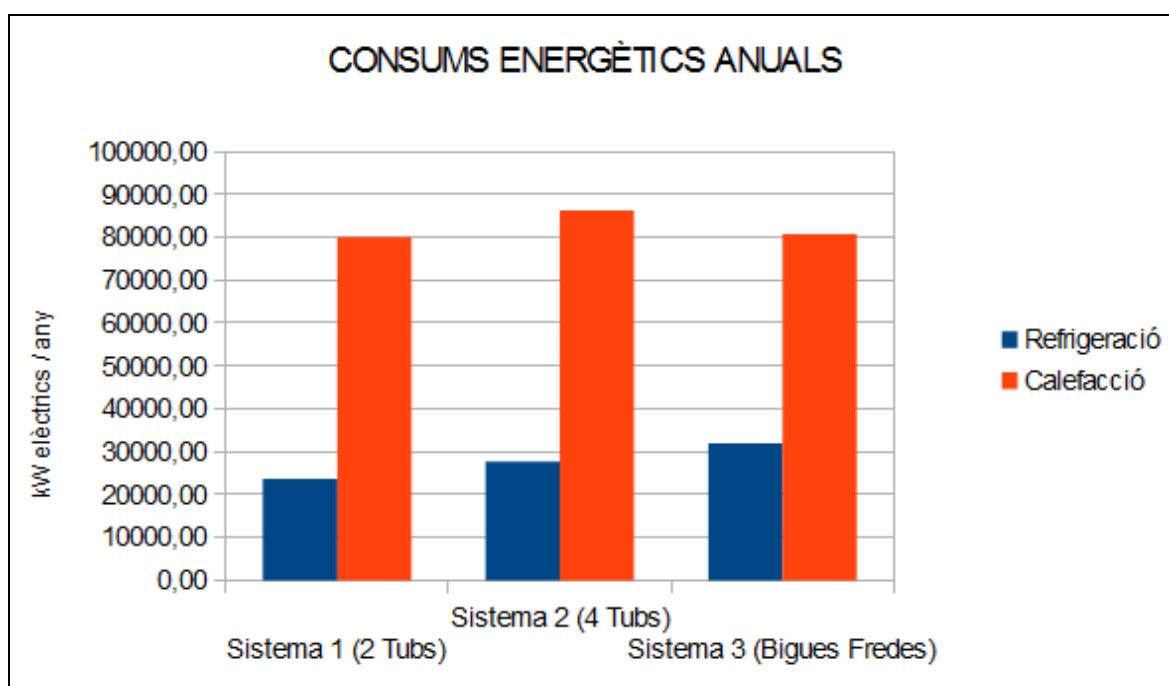
CONSUM ANUAL TOTAL: 13535,9€

4.4- Comparativa dels consums energètics

- Consums energètics de cada sistema:

Sistema	Consum energètic de la refrigeració	Consum energètic de la calefacció	Total
Sistema 1	23.728,25 kW elèctr./any	80.101,31 kW elèctr./any	103.829,65 kW elèctr./any
Sistema 2	27.666,54 kW elèctr./any	86.263,1 kW elèctr./any	113.929,64 kW elèctr./any
Sistema 3	32.025,01 kW elèctr./any	80.774,3 kW elèctr./any	112.799,31 kW elèctr./any

A continuació es mostre un gràfic del consum energètic:



- Cost energètic de la climatització de cada sistema:

Sistema	Cost de la refrigeració	Cost de la calefacció	Total
Sistema 1	2.847,40 €	9.612,16 €	12.459,50 €
Sistema 2	3.320,00 €	9.915,90 €	13.671,58 €
Sistema 3	3.843,00 €	9.692,90 €	13.535,90 €

S'observa una diferència més significativa entre el sistema 1 i els sistemes 2 i 3 deguda al rendiment de la bomba de calor a 4 tubs que és inferior a la de 2 tubs. Per aquest motiu, el consum elèctric i el cost del mateix tant per refrigeració com per calefacció son més elevats als sistemes 1 i 2.

D'altra banda, es pot veure que el cost de la refrigeració del sistema 3 és més elevat que el sistema 2. Això es degut a que la UPA impulsa l'aire cap als fan-coils a 15°C mentre que la DOAS impulsa l'aire cap a les bigues fredes a 14°C. Aquesta petita diferència sumada a que el sistema 2 té dos climatitzadors que tenen un retorn el qual ajuda a tractar l'aire de l'exterior evitant que s'hagi de condicionar l'aire des de la temperatura exterior a la temperatura de la sala permeten reduir els

costos energètics per refrigeració.

Pel que fa a la calefacció, la situació s'inverteix ja que la UPA dels fan-coils impulsa l'aire a 22°C mentre que la DAOS de les bigues fredes impulsa l'aire a 20°C. Aquesta petita diferència implica un major consum energètic i un cost de calefacció superior.

5- DIMENSIONAMENT I DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA ESCOLLIT

Un cop feta la valoració i arribant a la conclusió que el millor sistema per al complex estudiat es la instal·lació de fan-coils 4 tubs i climatitzadors per les zones interiors, a continuació es comença a dimensionar la instal·lació i a realitzar un conjunt de plànols que recolzaran el dimensionament.

La potència dels climatitzadors, de la bomba de calor i dels fan-coils ja les hem calculat anteriorment a l'apartat 3.2 del present projecte per poder realitzar un càlcul aproximat de quin seria el cost de la instal·lació. Tot i així per poder conèixer el preu final de la instal·lació seleccionada, s'ha de calcular quans metres de canonades necessitem. Per dimensionar tot el conjunt de canonades que portaran l'aigua i l'aire als diferents elements s'han utilitzat un seguit de fórmules explicades a continuació.

5.1- Dimensionament de les canonades d'aigua

Les formules principals per al càlcul de canonades d'aigua son les definides per el francès Darcy Philibert i l'alemany Julius Weisbach. Aquestes formules ens permeten dimensionar la instal·lació.

- Formula per calcular la pèrdua de càrrega:

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2}$$

- ΔP = pèrdua de càrrega (Pa)
- f = factor de fricció (adimensional)(Trobat a partir de la gràfica de Moody)
- L = longitud de la canonada (m)
- D = diàmetre intern de la canonada (m)
- ρ = densitat del fluid (kg/m³)
- V = velocitat mitja (m/s)

El factor de fricció f es funció de la rugositat del conducte, del diàmetre intern i del número de Reynolds. Aquest valor es troba a la gràfica de Moody (annex 16) utilitzant el número de Reynolds i el paràmetre ϵ/D .

- Formula per al càlcul del número de Reynolds:

$$Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu}$$

- Re = Número de Reynolds (adimensional)
- D = diàmetre intern de la canonada (m)
- ρ = densitat del fluid (kg/m³)
- μ = viscositat dinàmica del fluid (Pa·s)

Com que el flux de la canonada acostuma a ser turbulent, s'utilitza la formula de Colebrook per calcular el factor de fricció:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,74 - 2 \cdot \log\left(\frac{2 \cdot \varepsilon}{D} \cdot \frac{18,7}{Re \cdot \sqrt{f}}\right)$$

- f = factor de fricció (adimensional)(Trobat a partir de la gràfica de Moody)
- ε = rugositat absoluta de la paret del conducte (m)
- D = diàmetre intern de la canonada (m)

Degut a que l'aplicació de les equacions de Colebrook es complica ja que contenen una incògnita a les dos parts de la igualtat, s'ha utilitzat per al càlcul de les canonades la solució del científic Gilles Flamant. Les fórmules d'aquest científic francès compleixen amb suficient exactitud la formula de Colebrook per un tram concret de les corbes del gràfic de Moody (Annex 16). Les formules de Flamant equivalents a aquestes corbes, depenen de la temperatura de l'aigua ja que en funció de la temperatura varia la viscositat.

La formula resultant de Flamant per a l'aigua a 15°C és la esmentada anteriorment:

$$J = \frac{557 \cdot Q^{1,87}}{D^{5,01}}$$

Tot i així, la temperatura de l'aigua que circularà per els conductes de la instal·lació no serà de 15°C si no que serà de 9,5°C per refrigeració i de 45°C per calefacció.

Aquesta variació de la temperatura va portar a Flamant a desenvolupar una sèrie d'equacions per corregir aquest fet. En funció del tipus de tub que es tractes (llis o rugós) va desenvolupar dos equacions de correcció les quals podem veure a l'annex 17. En el cas estudiat, el material utilitzat per als conductes serà l'acer DIN 2440-2448 el qual té una rugositat interior (ε) de 0,05mm. Amb aquestes condicions la formula requerida es la següent:

$$\alpha = 586,4 - 2,065 \cdot T + 7,285 \cdot 10^{-3} \cdot T^2$$

A continuació es procedeix a calcular el conducte principal que surt de la bomba de calor com a exemple:

Dades que coneixem:

- q = cabal d'aigua = 39.539 L/h
- ΔP = pèrdua de càrrega = 40 mmca

· Correcció per temperatura:

$$\alpha = 586,4 - 2,065 \cdot 9,5 + 7,285 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 \rightarrow \alpha = 567,44$$

· Càlcul del diàmetre real requerit:

$$40 = \frac{567,44 \cdot 39539^{1,87}}{D^{5,01}} \rightarrow D = \sqrt[5,01]{\frac{567,44 \cdot 39539^{1,87}}{40}} \rightarrow D = 88,26 \text{ mm}$$

Com que aquest diàmetre no existeix mirem la taula 41 en la qual tenim els diàmetres tabulats pel DIN 2440-2448 i agafem el immediatament superior.

Taula 41. Dades Acer DIN 2440-2448

Diam int	Dia nominal	Diam vulgar
3	4,00	
4,5	6,00	
6,2	8,00	1/8
8,8	10,00	1/4
12,5	12,00	3/8
16,0	15,00	1/2
21,6	20,00	3/4
27,2	25,00	1"
35,9	32,00	1 1/4
41,8	40,00	1 1/2
53,0	50,00	2"
68,8	65,00	2 1/2
80,8	80,00	3"
105,3	100,00	4"
130,0	125,00	5"
155,4	150,00	6"
203,0	200,00	8"
260,0	250,00	10"
309,7	300,00	12"
333,4	350,00	14"

Per un diàmetre real requerit de 88,26 mm serà necessari col·locar un tub de diàmetre nominal 100 mm.

· Càlcul de la velocitat real de l'aigua en el conducte:

Per calcular la velocitat real que tindrem per aquest conducte escollit de diàmetre nominal 100 mm hem d'utilitzar el seu diàmetre interior, el qual comprovant a la taula correspon a 105,3 mm.

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{\frac{39538,8 \text{ l/s}}{1000 \text{ l} \cdot 3600 \text{ s}}}{\frac{\pi \cdot 0,1053^2}{4}} = 1,26 \text{ m/s}$$

· Càlcul de la pèrdua de càrrega que tindrem al tub:

$$\Delta P = \frac{567,44 \cdot 39539^{1,87}}{105,3^{5,01}} = 16,52 \text{ mmca} = 165,2 \text{ Pa}$$

Tenint en compte que la longitud del tram es de 3,23 metres i que s'ha considerat un increment del

70% per colzes i d'altres elements, la pèrdua de càrrega total del tram serà de:

$$\Delta P_{\text{tramo}} = 165,2 \text{ Pa} \cdot 3,23 \text{ m} \cdot 1,7 = 907,1 \text{ Pa}$$

Utilitzant aquest mètode, s'han dimensionat totes les canonades d'aigua de la instal·lació i s'ha comprovat que la pèrdua de càrrega sigui acceptable, entenent per acceptable que no superi els 400 Pa que marca la norma IT.IC.05.6 que veiem a l'annex 2.

A continuació, veiem un seguit de taules amb els càlculs realitzats per trobar els diàmetres de les canonades d'impulsió i retorn tant per calefacció com per refrigeració.

Taula 42. Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat de les canonades d'impulsió per refrigeració

REFRIGERACIÓ				Canonades d'Impulsió						
	Pèrdua càrrega màx: 400			Temperatura [°C]: 9,5		Material: Tub d'acer DIN 2440 Schule 40		Espessor del tub: 0,05 mm		
Tram/Cassette	Cabal l/s	Cabal l/h	Diàm. mm	Diàm. Nominal mm	Vel. Real m/s	Pèrdua de Càrrega Real Pa/ m	Llargada m	Accessoris 1+%	Dp tramo kPa	Dp acum kPa
Model:	Cassettes:									
GWD004	0.09	324	19,4	20	0,5	234	1,25	1,7	1,0	1,0
GWD008	0.16	576	26,3	25	0,7	340	1,25	1,7	1,4	1,4
GWD010	0.19	684	19,4	20	0,5	234	1,25	1,7	1,0	1,0
GWD020	0.43	1548	26,3	25	0,7	340	1,25	1,7	1,4	1,4
Tram:	Trams:									
0	10.983	39538,8	88,3	100	1,3	165	1,75	1,7	1,0	1,0
1	5.82	20952	69,6	80	1,1	190	7	1,7	4,5	5,5
2	5.39	19404	67,7	65	1,4	368	2,5	1,7	3,1	8,6
3	4.96	17856	65,6	65	1,3	315	0,5	1,7	0,5	9,2
4	4.53	16308	63,4	65	1,2	266	1,5	1,7	1,4	10,5
5	4.1	14760	61,1	65	1,1	221	0,75	1,7	0,6	11,1
6	4.01	14436	60,6	65	1,1	212	1,5	1,7	1,1	12,2
7	3.92	14112	60,1	65	1,1	203	1,25	1,7	0,9	13,0
8	3.76	13536	59,2	65	1,0	188	0,5	1,7	0,3	13,3
9	3.67	13212	58,6	65	1,0	179	1	1,7	0,6	14,0
10	3.51	12636	57,7	65	0,9	165	4,25	1,7	2,4	16,3
11	3.42	12312	57,1	65	0,9	157	1,25	1,7	0,7	17,0
12	2.85	10260	53,3	65	0,8	112	8	1,7	3,0	20,1
13	2.76	9936	52,7	50	1,3	389	1,75	1,7	2,3	22,4
14	2.67	9612	52,1	50	1,2	366	2,75	1,7	3,4	25,8
15	2.58	9288	51,4	50	1,2	343	1,75	1,7	2,0	27,8
16	2.49	8964	50,7	50	1,1	321	1,75	1,7	1,9	29,7
17	2.4	8640	50,0	50	1,1	300	1,75	1,7	1,8	31,5
18	2.31	8316	49,3	50	1,0	279	1,5	1,7	1,4	32,9
19	1.97	7092	46,5	50	0,9	207	1,25	1,7	0,9	33,8
20	1.81	6516	45,0	50	0,8	177	0,75	1,7	0,5	34,3
21	1.33	4788	40,1	40	1,0	326	1,5	1,7	1,7	35,9
22	1.14	4104	37,9	40	0,8	245	2,5	1,7	2,1	38,0
23	0.95	3420	35,4	32	0,9	373	3,25	1,7	4,1	42,1
24	0.52	1872	28,3	32	0,5	121	0,75	1,7	0,3	42,4
25	0.57	2052	29,3	32	0,6	143	0,5	1,7	0,2	17,3
26	0.48	1728	27,4	32	0,5	104	2,5	1,7	0,9	18,1
27	0.32	1152	23,6	25	0,6	196	1,75	1,7	1,2	19,3
28	0.34	1224	24,1	25	0,6	219	0,5	1,7	0,4	33,3
29	0.25	900	21,5	20	0,7	392	1,75	1,7	2,3	35,6
30	0.48	1728	27,4	32	0,5	104	10	1,7	3,5	37,8
31	0.32	1152	23,6	25	0,6	196	1,75	1,7	1,2	39,0
32	5.163	18586,8	66,6	65	1,4	340	1,5	1,7	1,7	2,7
33	2.473	8902,8	50,6	50	1,1	317	1	1,7	1,1	3,8

Taula 43. Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat de les canonades de retorn per refrigeració

REFRIGERACIÓ				Canonades de Retorn						
	Pèrdua càrrega màx: 400			Temperatura [°C]: 9,5		Material:	Tub d'acer DIN 2440 Schule 40		Espessor del tub:	0,05 mm
Tram/Cassette	Cabal l/s	Cabal l/h	Diàm. mm	Diàm. Nominal mm	Vel. Real m/s	Pèrdua de Càrrega Real Pa/ m	Llargada m	Accessoris 1+%	Dp tramo kPa	Dp acum kPa
Model:	Cassettes:									
GWD004	0,09	324	19,4	20	0,5	234	1,25	1,7	1,0	1,0
GWD008	0,16	576	26,3	25	0,7	340	1,25	1,7	1,4	1,4
GWD010	0,19	684	19,4	20	0,5	234	1,25	1,7	1,0	1,0
GWD020	0,43	1548	26,3	25	0,7	340	1,25	1,7	1,4	1,4
Tram:	Trams:									
0	10,983	39538,8	88,3	100	1,3	165	1,75	1,7	1,0	1,0
1	5,82	20952	69,6	80	1,1	190	7,75	1,7	4,5	5,5
2	5,39	19404	67,7	65	1,4	368	2,5	1,7	3,1	8,6
3	5,3	19080	67,2	65	1,4	357	0,5	1,7	0,6	9,2
4	4,87	17532	65,2	65	1,3	304	3	1,7	3,1	12,3
5	4,68	16848	64,2	65	1,3	283	2,75	1,7	2,6	15,0
6	4,49	16164	63,2	65	1,2	262	1,75	1,7	1,6	16,5
7	4,01	14436	60,6	65	1,1	212	0,5	1,7	0,4	16,9
8	3,85	13860	59,7	65	1,0	196	1	1,7	0,7	17,6
9	3,51	12636	57,7	65	0,9	165	1,5	1,7	0,8	18,4
10	3,42	12312	57,1	65	0,9	157	1,75	1,7	0,9	19,3
11	3,33	11988	56,5	65	0,9	150	1,75	1,7	0,9	20,2
12	3,24	11664	56,0	65	0,9	142	1,75	1,7	0,8	21,1
13	3,15	11340	55,4	65	1,4	135	2,5	1,7	1,1	22,2
14	3,06	11016	54,8	65	1,4	128	1,75	1,7	0,8	23,0
15	2,97	10692	54,2	65	1,3	121	8	1,7	3,3	26,3
16	2,4	8640	50,0	50	1,1	300	1	1,7	1,0	27,3
17	2,31	8316	49,3	50	1,0	279	4,25	1,7	4,0	31,3
18	2,15	7740	48,0	50	1,0	244	1	1,7	0,8	32,2
19	2,06	7416	47,3	50	0,9	225	0,5	1,7	0,4	32,5
20	1,9	6840	45,9	50	0,9	194	1,5	1,7	1,0	33,5
21	1,81	6516	45,0	50	1,3	177	1,5	1,7	0,9	34,4
22	1,72	6192	44,2	50	1,3	161	0,75	1,7	0,4	34,8
23	1,29	4644	39,7	40	1,3	308	1,5	1,7	1,6	36,4
24	0,86	3096	34,1	32	0,8	310	0,5	1,7	0,5	36,9
25	0,57	2052	29,3	32	0,6	143	0,5	1,7	0,2	20,5
26	0,48	1728	27,4	32	0,5	104	2,5	1,7	0,9	21,4
27	0,32	1152	23,6	25	0,6	196	1,75	1,7	1,2	22,5
28	0,34	1224	24,1	25	0,6	219	0,5	1,7	0,4	32,5
29	0,25	900	21,5	20	0,7	392	1,75	1,7	2,3	34,9
30	0,48	1728	27,4	32	0,5	104	10	1,7	3,5	37,1
31	0,32	1152	23,6	25	0,6	196	1,5	1,7	1,0	38,1
32	5,163	18586,8	66,6	65	1,4	340	1,5	1,7	1,7	2,7
33	2,473	8902,8	50,6	50	1,1	317	1	1,7	1,1	3,8

Taula 44. Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat de les canonades d'impulsió per calefacció

CALEFACCIÓ				Canonades de Impulsió						
Pèrdua càrrega màx: 400				Temperatura [°C]: 45		Material:	Tub d'acer DIN 2440 Schule 40		Espessor del tub:	0,05 mm
Tram/Casette	Cabal l/s	Cabal l/h	Diàm. mm	Diàm. Nominal mm	Vel. Real m/s	Pèrdua de Càrrega Real Pa/ m	Llargada m	Accessoris 1+%	Dp tramo kPa	Dp acum kPa
Model:				Cassettes:						
GWD004	0,06	216	12,4	12	0,5	377	1,25	1,7	1,6	1,6
GWD004	0,83	2988	12,4	12	0,5	377	1,25	1,7	1,6	1,6
GWD008	0,06	216	12,4	12	0,5	377	1,25	1,7	1,6	1,6
GWD010	0,06	216	12,4	12	0,5	377	1,25	1,7	1,6	1,6
GWD020	0,06	216	12,4	12	0,5	377	1,25	1,7	1,6	1,6
Tram:				Trams:						
0	4,305	15498	60,9	65	1,2	217	1,75	1,7	1,3	1,3
1	2,69	9684	51,1	50	1,2	332	7	1,7	7,9	9,2
2	2,63	9468	50,6	50	1,2	318	2,5	1,7	2,7	11,9
3	2,57	9252	50,2	50	1,2	305	0,5	1,7	0,5	12,4
4	2,51	9036	49,8	50	1,1	292	1,5	1,7	1,5	13,9
5	2,45	8820	49,3	50	1,1	279	0,75	1,7	0,7	14,6
6	2,39	8604	48,9	50	1,1	266	1,5	1,7	1,4	16,0
7	2,33	8388	48,4	50	1,1	254	1,25	1,7	1,1	17,1
8	2,27	8172	47,9	50	1,0	242	0,5	1,7	0,4	17,5
9	2,21	7956	47,5	50	1,0	230	1	1,7	0,8	18,2
10	2,15	7740	47,0	50	1,0	218	4,25	1,7	3,2	21,4
11	1,32	4752	39,2	40	1,0	288	1,25	1,7	1,2	22,6
12	1,08	3888	36,3	40	0,8	198	8	1,7	5,4	28,0
13	1,02	3672	35,6	32	1,0	381	1,75	1,7	2,3	30,3
14	0,96	3456	34,8	32	0,9	341	2,75	1,7	3,2	33,5
15	0,9	3240	33,9	32	0,9	302	1,75	1,7	1,8	35,3
16	0,84	3024	33,1	32	0,8	265	1,75	1,7	1,6	36,8
17	0,78	2808	32,2	32	0,8	231	1,75	1,7	1,4	38,2
18	0,72	2592	31,2	32	0,7	199	1,5	1,7	1,0	39,2
19	0,54	1944	28,0	32	0,5	116	1,25	1,7	0,5	39,7
20	0,48	1728	26,8	25	0,8	374	0,75	1,7	1,0	40,7
21	0,3	1080	22,5	25	0,5	155	1,5	1,7	0,8	41,5
22	0,24	864	20,7	20	0,7	325	2,5	1,7	2,8	44,2
23	0,18	648	18,6	20	0,5	190	3,25	1,7	2,1	46,3
24	0,12	432	16,0	15	0,6	400	0,75	1,7	1,0	47,4
11										22,6
25	0,24	864	20,7	20	0,7	325	0,5	1,7	0,6	23,2
26	0,18	648	18,6	20	0,5	190	2,5	1,7	1,6	24,8
27	0,12	432	16,0	15	0,6	400	1,75	1,7	2,4	27,2
18										39,2
28	0,18	648	18,6	20	0,5	190	0,5	1,7	0,3	39,6
29	0,12	432	16,0	15	0,6	400	1,75	1,7	2,4	41,9
20										40,7
30	0,18	648	18,6	20	0,5	190	10,5	1,7	6,8	47,5
31	0,12	432	16,0	15	0,6	400	1,75	1,7	2,4	49,8
0										1,3
32	1,615	5814	42,2	50	0,7	128	1,5	1,7	0,7	1,9
33	0,924	3326,4	34,3	32	0,9	317	1	1,7	1,1	3,0

Taula 45. Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat de les canonades de retorn per calefacció

CALEFACCIÓ				Canonades de Retorn						
Pèrdua càrrega màx: 400				Temperatura [°C]: 45		Material: Tub d'acer DIN 2440 Schule 40		Espessor del tub: 0,05 mm		
Tram/Casette	Cabal l/s	Cabal l/h	Diàm. mm	Diàm. Nominal mm	Vel. Real m/s	Pèrdua de Càrrega Real Pa/ m	Llargada m	Accessoris 1+%	Dp tramo kPa	Dp acum kPa
Model:	Cassettes:									
GWD004	0,06	216	12,4	12	0,5	377	1,25	1,7	1,6	1,6
GWD004	0,83	2988	12,4	12	0,5	377	1,25	1,7	1,6	1,6
GWD008	0,06	216	12,4	12	0,5	377	1,25	1,7	1,6	1,6
GWD010	0,06	216	12,4	12	0,5	377	1,25	1,7	1,6	1,6
GWD020	0,06	216	12,4	12	0,5	377	1,25	1,7	1,6	1,6
Tram:	Trams:									
0	4,305	15498	60,9	65	1,2	217	1,75	1,7	1,3	1,3
1	2,69	9684	51,1	50	1,2	332	7,75	1,7	8,8	10,0
2	2,63	9468	50,6	50	1,2	318	2,5	1,7	2,7	12,7
3	2,57	9252	50,2	50	1,2	305	0,5	1,7	0,5	13,3
4	2,51	9036	49,8	50	1,1	292	3	1,7	3,0	16,2
5	2,45	8820	49,3	50	1,1	279	2,75	1,7	2,6	18,9
6	2,39	8604	48,9	50	1,1	266	1,75	1,7	1,6	20,4
7	2,21	7956	47,5	50	1,0	230	0,5	1,7	0,4	20,8
8	2,15	7740	47,0	50	1,0	218	1	1,7	0,7	21,6
9	1,97	7092	45,5	50	0,9	186	1,5	1,7	0,9	22,5
10	1,91	6876	44,9	50	0,9	175	1,75	1,7	1,0	23,6
11	1,85	6660	44,4	50	1,3	165	1,75	1,7	1,0	24,5
12	1,79	6444	43,9	50	1,3	155	1,75	1,7	0,9	25,5
13	1,73	6228	43,3	50	1,7	146	2,5	1,7	1,2	26,7
14	1,67	6012	42,7	50	1,6	136	1,75	1,7	0,8	27,5
15	1,61	5796	42,2	50	1,6	127	8	1,7	3,5	31,0
16	1,37	4932	39,7	40	1,4	309	1	1,7	1,1	32,0
17	0,54	1944	28,0	32	0,5	116	4,25	1,7	1,7	33,7
18	0,48	1728	26,8	25	0,5	374	1	1,7	1,3	35,0
19	0,42	1512	25,5	25	0,4	291	0,5	1,7	0,5	35,5
20	0,36	1296	24,1	25	0,6	218	1,5	1,7	1,1	36,6
21	0,3	1080	22,5	25	0,5	155	1,5	1,7	0,8	37,4
22	0,24	864	20,7	20	0,7	325	0,75	1,7	0,8	38,2
23	0,18	648	18,6	20	0,5	190	1,5	1,7	1,0	39,2
24	0,12	432	16,0	15	0,6	400	0,5	1,7	0,7	39,8
11										24,5
25	0,24	864	20,7	20	0,7	325	0,5	1,7	0,6	25,1
26	0,18	648	18,6	20	0,5	190	2,5	1,7	1,6	26,7
27	0,12	432	16,0	15	0,6	400	1,75	1,7	2,4	29,1
18										35,0
28	0,18	648	18,6	20	0,5	190	0,5	1,7	0,3	35,3
29	0,12	432	16,0	15	0,6	400	1,75	1,7	2,4	37,7
20										36,6
30	0,18	648	18,6	20	0,5	190	10	1,7	6,5	43,0
31	0,12	432	16,0	15	0,6	400	1,5	1,7	2,0	45,1
0										1,3
32	1,615	5814	42,2	50	0,7	128	1,5	1,7	0,7	1,9
33	0,925	3330	34,3	32	0,9	318	1	1,7	1,1	3,0

Es pot veure l'entramat de canonades d'aigua que alimentaran els fan-coils i els climatitzadors als Plànols 1, 2 i 3. Conjuntament a aquest plànols, el plànol 4 mostra un esquema de principi de la instal·lació.

5.2- Dimensionament de les canonades d'aire

Per al dimensionament dels conductes d'aire, s'utilitzaran un seguit de formules utilitzades anteriorment amb alguna petita modificació. Com s'ha dit anteriorment, s'utilitzarà el "Mètode de pèrdua de càrrega constant en tota la instal·lació" per dimensionar les canonades, amb una velocitat màxima permesa de 10 m/s.

Formules anteriorment utilitzades:

- Formula per calcular la pèrdua de càrrega:

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2}$$

- Formula per al càlcul del número de Reynolds:

$$Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu}$$

Formula de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,74 - 2 \cdot \log\left(\frac{2 \cdot \varepsilon}{D} \cdot \frac{18,7}{Re \cdot \sqrt{f}}\right)$$

De la mateixa manera que succeeix al càlcul de canonades d'aigua, el càlcul mitjançant la formula de Colebrook es complex i també suposa un problema per als conductes d'aire. Per aquest motiu s'ha utilitzat una petita modificació de la formula que permet calcular la pèrdua de càrrega d'una manera més àgil sense haver de buscar la f de l'equació de Colebrook. Aquesta formula compleixen amb suficient exactitud la formula de Colebrook per un tram concret de les corbes del gràfic de Moody (Annex 16). L'equació és la següent:

$$\Delta p = \frac{1,54 \cdot V^{2,564}}{Q^{0,64}} \cdot \left(\frac{293}{T + 273}\right)^{0,825} \cdot \left(\frac{101,3 \cdot (1 - 2,25577 \cdot 10^{-5}) \cdot h}{101,3}\right)^{0,9}$$

- Δp = Pèrdua de càrrega per metre lineal de conducte (mmca/m)
- V = Velocitat del fluid (m/s)
- Q = Cabal d'aire (m³/h)
- T = Temperatura de l'aire (°C)
- h = Alçada respecte el nivell del mar (m)

Aquesta formula permet calcular la pèrdua de càrrega en un conducte en funció de la temperatura a la que estigui l'aire i de l'alçada on circuli aquest.

A continuació es procedeix a calcular com a exemple, el conducte principal que surt del climatitzador central:

$$V = \frac{Q}{S} \rightarrow 7,7 = \frac{13029}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \rightarrow d = 774 \text{ mm}$$

El diàmetre en cas que el conducte fos circular hauria de ser de 774 mm.

Un cop conegut el diàmetre podem calcular la pèrdua de càrrega per metre de canonada. S'ha de considerar que el material que s'utilitzarà per aquests conductes es xapa galvanitzada amb una

rugositat de 0,08mm.

$$\Delta p = \frac{1,54 \cdot 7,7^{2,564}}{13029^{0,64}} \cdot \left(\frac{293}{20+273}\right)^{0,825} \cdot \left(\frac{101,3 \cdot (1 - 2,25577 \cdot 10^{-5}) \cdot 247}{101,3}\right)^{0,9} = 0,65 \text{ Pa} \cdot \text{m}$$

Un cop trobada la pèrdua de càrrega i coneixent el diàmetre real que hauria de tenir el conducte, es procedeix a calcular les dimensions del conducte rectangular. Per poder calcular tant l'amplada com l'alçada del conducte, primer s'ha de definir un dels dos costats del conducte per poder tenir una sola incògnita. Es defineix una alçada (a) de 600 mm.

$$Wl = \frac{Q_{real}^2 \cdot \pi}{4 \cdot a} \rightarrow Wl = 784,29 \text{ mm}$$

$$b = Wl \cdot \left(-0,0062 \cdot \frac{Wl^3}{a} + 0,0473 \cdot \frac{Wl^2}{a} - 0,0573 \cdot \frac{Wl}{a} + 1,0816\right) \rightarrow b = 842 \text{ mm}$$

Com que es mes fàcil treballar amb números rodons, la secció del conducte serà de 600x850 mm. Al utilitzar el 850 hem de re-calcular el diàmetre real equivalent, la velocitat real i la pèrdua de càrrega.

$$\varnothing_{real} = 1,3 \cdot \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a+b)^{0,25}} \rightarrow \varnothing_{real} = 1,3 \cdot \frac{(600 \cdot 850)^{0,625}}{(600+850)^{0,25}} \rightarrow \varnothing_{real} = 777,7 \text{ mm}$$

$$V_{real} = \frac{353,6 \cdot Q}{\varnothing_{real}^2} = \frac{353,6 \cdot 13029}{777,7^2} = 7,617 \text{ m/s}$$

$$\Delta p = \frac{1,54 \cdot 7,617^{2,564}}{13029^{0,64}} \cdot \left(\frac{293}{20+273}\right)^{0,825} \cdot \left(\frac{101,3 \cdot (1 - 2,25577 \cdot 10^{-5}) \cdot 247}{101,3}\right)^{0,9} = 0,636 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$$

Per poder saber quina es la pèrdua de càrrega que es tindrà al conducte senser, hem de considerar els metres totals de la canonada i els accessoris que trobarem.

Anteriorment, en els càlculs de la pèrdua de càrrega de les canonades d'aigua, s'atribuïa un coeficient de majoració a les canonades equivalents als accessoris. Això s'ha fet perquè la pèrdua de càrrega dels accessoris en canonades d'aigua es molt baixa i no es necessari un càlcul extens. D'altra banda, el comportament de l'aire es molt diferent i qualsevol accessori implica una gran quantitat de pèrdua de càrrega fet que obliga a calcular les pèrdues de càrrega que causen els accessoris. Per al càlcul d'aquests accessoris, s'han utilitzat les taules de l'ASHRAE del capítol 35 del Fundamentals del 2005 (Annex 18).

El primer tram de conducte que surt del climatitzador central cap als difusors té 2 colzes de 90 graus. A continuació es calcularà quina es la pèrdua de càrrega que provoquen aquests colzes:

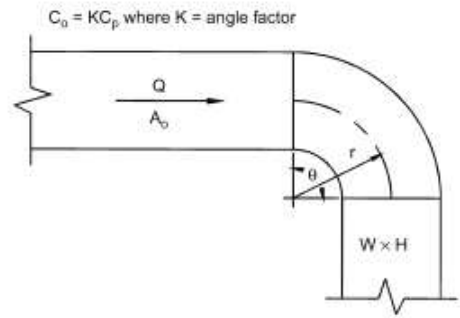
$$\Delta p_{accessori} = \frac{V^2 \cdot \rho}{2 \cdot g} \cdot C_p$$

- Δp = Pèrdua de càrrega de l'accessori (mmca/m)
- V = Velocitat (m/s)
- ρ = Densitat del fluid (kg/m³)
- g = Gravetat (m/s²)
- C_p = Coeficient de l'accessori (adimensional)

Les taules de l'ASHRAE esmentades anteriorment ens permeten trobar el coeficient C_p .

CR3-1 Elbow, Smooth Radius, Without Vanes											
r/W	C_p Values										
	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00
0.50	1.53	1.38	1.29	1.18	1.06	1.00	1.00	1.06	1.12	1.16	1.18
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
1.00	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.21	0.21
1.50	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.00	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15

Angle Factor K											
θ	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
K	0.00	0.31	0.45	0.60	0.78	0.90	1.00	1.13	1.20	1.28	1.40



(Imatge 15: Coeficient C per colzes de 90°)

Es coneix la relació entre l'amplada i l'alçada del conducte: $\frac{H}{W} = 2,07 = 2$

També es coneix la relació entre el radi primitiu i l'amplada del conducte: $\frac{r}{W} = 1$

Segons la taula de la Imatge 14, amb aquests dos valors el colze de 90° té una C_p de 0,18.

$$\Delta p_{\text{accessori}} = \frac{7,7^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,81} \cdot 0,18 \cdot 10 = 6,5 \text{ Pa}$$

La pèrdua de càrrega total del conducte serà de:

$$\Delta p_{\text{tram}} = \Delta p \cdot L \cdot C_p \cdot n^{\circ}_{\text{acces.}} \rightarrow \Delta p_{\text{tram}} = 0,636 \cdot 11 \cdot 6,5 \cdot 2 = 90,95 \text{ Pa}$$

Utilitzant el mateix sistema de càlcul, s'han dimensionat tots els conductes d'aire de la instal·lació. Es dimensionaran els conductes d'impulsió que van des de la UPA fins als fan-coils a 4 tubs, els conductes d'impulsió i retorn dels climatitzadors i els conductes d'extracció que provenen de les boques d'extracció. Es definiran conductes rectangulars per als conductes principals i conductes circulars per les derivacions finals. A continuació es mostren un seguit de taules amb els resultats.

Conductes d'impulsió de la UPA als Fan-coils:

Taula 46. Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat dels conductes d'impulsió de la UPA

UPA FAN-COILS								Canonades d'Impulsió																	
								Conducte Circular		Conducte Rectangular		Velocitat Inicial: Velocitat Real:		5,4	m/s	Temp.(°C):	20	Altitud (m):	247	Colze 90º	Derivació Pas Directe	Unit. Term.	Pèrdua Càrrega Total		
Tram/Cassett e	Cabal	Vel.	Pèrdua Càrrega	Diàam.	Diàam. Real	Vel. Real	Pèrd. Càrrega Real	Alçada	Amplada	Alçada Real	Amplada Real	Diàam. Real	Vel. Real	Pèrd. Càrrega Real	Llarg.		Pèrdua Càrrega Tram	Pèrdua Càrrega Acumulada	Superf.	nº	Pa	nº	Pa	Pa	Pa
	m3/h	m/s	Pa/m	mm	mm	m/s	Pa/m	mm	mm	mm	mm	mm	m/s	Pa/m	m	Pa	Pa	m2	nº	Pa	nº	Pa	Pa	Pa	
Tram:																									
0	2025	5,4	0,87	364				300	371	300	400	377,7	5,019	0,7183	5	3,6	3,6	7,0	1	8,34				11,93	
1	1224	4,7	0,87	304				250	309	250	350	322	4,17	0,6	1,5	0,9	4,5	1,8			1	0,12		4,64	
2	1044	4,5	0,87	286				250	274	250	350	322	3,56	0,5	3	1,4	5,9	3,6			1	0,03		5,90	
3	936	4,4	0,87	274				200	320	200	325	277	4,32	0,8	5	4,0	9,9	5,3			1	0,02		9,91	
4	828	4,3	0,87	262				200	290	200	325	277	3,82	0,6	1	0,6	10,5	1,1			1	0,02		10,54	
5	783	4,2	0,87	257				200	278	200	300	266	3,90	0,7	4,5	3,1	13,6	4,5			1	0,01		13,65	
6	675	4,0	0,87	243				200	247	200	300	266	3,36	0,5	1	0,5	14,2	1,0			1	0,02		14,18	
7	630	4,0	0,87	237				200	235	200	250	244	3,74	0,7	3	2,1	16,3	2,7			1	0,01		16,31	
8	585	3,9	0,87	230				200	222	200	250	244	3,47	0,6	2	1,2	17,5	1,8			1	0,01		17,54	
9	517,5	3,8	0,87	220				200	202	200	200	219	3,83	0,9	1	0,9	18,4	0,8			1	0,01		18,41	
10	472,5	3,7	0,87	212				200	188	200	200	219	3,50	0,7	2	1,4	19,8	1,6			1	0,01		19,85	
11	405	3,6	0,87	200				150	227	150	200	189	4,02	1,1	9	10,2	30,1	6,3	1	1,74	1	0,02		31,81	
12	360	3,5	0,87	192				150	207	150	200	189	3,57	0,9	3	2,7	32,8	2,1			1	0,01		32,78	
13	315	3,3	0,87	182				150	186	150	200	189	3,12	0,7	5	3,5	36,3	3,5			1	0,01		36,28	
14	210	3,0	0,87	157				100	213	100	150	133	4,19	1,9	3,5	6,7	43,0	1,8			1	0,03		43,03	
Trams:																									
29	801	4,2	0,87	259				200	283	200	300	266	3,99	0,7	0,5	0,4	4,0	0,5			1	0,21		4,16	
15	693	4,1	0,87	245				200	253	200	250	244	4,11	0,9	4,5	3,9	7,8	4,1			1	0,02		7,83	
16	648	4,0	0,87	239				200	240	200	250	244	3,85	0,8	0,5	0,4	8,2	0,5			1	0,01		8,20	
17	540	3,8	0,87	223				150	285	150	250	210	4,33	1,1	7,5	8,6	16,8	6,0			1	0,02		16,80	
18	450	3,7	0,87	209				150	246	150	250	210	3,61	0,8	5	4,0	20,8	4,0	1	3,83	1	0,02		24,67	
19	360	3,5	0,87	192				150	207	150	200	189	3,57	0,9	2,5	2,3	23,1	1,8			1	0,02		23,10	
20	180	2,9	0,87	148				150	122	150	150	164	2,37	0,5	2,5	1,2	24,3	1,5			1	0,07		24,38	
21	135	2,7	0,87	133				100	149	100	150	133	2,69	0,8	4	3,3	27,6	2,0			1	0,02		27,62	
22	90	2,4	0,87	114				100	109	100	100	109	2,66	1,0	4	4,2	31,7	1,6			1	0,02		31,77	
27	180	2,9	0,87	148				100	188	100	150	133	3,59	1,4	20	28,6	51,7	10,0	4	4,64	1	0,07		56,37	
28	112,5	2,6	0,87	124				100	129	100	150	133	2,24	0,6	3	1,7	53,4	1,5			1	0,03		53,43	
23	180	2,9	0,87	148				100	188	100	200	152	2,74	0,7	13	9,3	13,8	7,8	1	1,26	1	0,28		15,39	
25	135	2,7	0,87	133				100	149	100	150	133	2,69	0,8	4	3,3	17,1	2,0			1	0,02		17,15	
26	90	2,4	0,87	114				100	109	100	100	109	2,66	1,0	3,5	3,6	20,8	1,4			1	0,02		20,79	
Model:																									
Cassettes:																									
42GWD004	45	2,1	0,87	88	100	1,6	0,43								2,5	1,1	1,1	0,8					11	12,10	
42GWD008	45	2,1	0,87	88	100	1,6	0,43								2,5	1,1	1,1	0,8					12	13,08	
42GWD008	67,5	2,3	0,87	102	100	2,4	0,94								2,5	2,4	2,4	0,8					12	14,35	
42GWD008	105	2,5	0,87	121	100	3,7	2,20								2,5	5,5	5,5	0,8					12	17,51	
42GWD010	90	2,4	0,87	114	100	3,2	1,64								2,5	4,1	4,1	0,8					20	23,80	
42GWD020	45	2,1	0,87	88	100	1,6	0,43								2,5	1,1	1,1	0,8					30	31,08	
42GWD020	108	2,6	0,87	122	100	3,8	2,33								2,5	5,8	5,8	0,8					30	35,82	

Conductes d'impulsió del climatitzador de les sales de visites i de la sala de juntes:

Taula 47. Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat dels conductes d'impulsió del climatitzador de les sales de visites

CLIMATITZADOR SALA VISITES I SALA JUNTES								Canonades d'Impulsió																		
					Conducte Circular			Conducte Rectangular		Velocitat Inicial:		5,6	m/s	Temp. (°C):		20	Altitud (m):	247	Colze 90°	Derivació Pas Directe	Unit. Term.	Pèrdua Càrrega Total				
Tram/Cassett e	Cabal	Vel.	Pèrdua Càrrega	Dià.m	Dià.m. Real	Vel. Real	Pèrd. Càrrega Real	Alçada	Amplada	Alçada Real	Amplada Real	Dià.m. Real	Vel. Real	Pèrd. Càrrega Real	Llarg.	Pèrdua Càrrega Tram	Pèrdua Càrrega Acumulada	Superf.		Dp		Dp	Dp			
	m3/h	m/s	Pa/m	mm	mm	m/s	Pa/m	mm	mm	mm	mm	mm	m/s	Pa/m	m	Pa	Pa	m2	nº	Pa	nº	Pa	Pa	Pa		
Tram:																										
0	2435	5,6	0,84	392				300	433	300	400	378	6,04	1,02	16,0	16,4	16,4	22,4	2	17,9	1	0,18			34,46	
1	1224	4,6	0,84	305				200	401	200	400	305	4,66	0,82	4,5	3,7	20,1	5,4			1	0,18			20,26	
2	1044	4,5	0,84	288				200	353	200	350	286	4,50	0,83	1,0	0,8	20,9	1,1			1	0,03			20,94	
3	936	4,3	0,84	276				200	323	200	300	266	4,66	0,97	1,5	1,5	22,4	1,5			1	0,02			22,39	
4	828	4,2	0,84	264				200	293	200	300	266	4,13	0,77	0,5	0,4	22,8	0,5			1	0,02			22,78	
5	783	4,2	0,84	258				200	281	200	300	266	3,90	0,69	5,0	3,5	26,2	5,0			1	0,01			26,23	
6	266	3,2	0,84	172				150	165	150	150	164	3,50	1,04	3,5	3,7	26,4	2,1	1	1,3	1	0,16			27,83	
7	1341	4,8	0,84	316				200	432	200	400	305	5,11	0,98	1,0	1,0	17,4	1,2	1	7,0	1	0,14			24,51	
8	882	4,3	0,84	270				200	308	200	300	266	4,39	0,87	2,5	2,2	19,5	2,5			1	0,07			19,61	
9	529,2	3,8	0,84	223				150	284	150	300	229	3,58	0,71	0,5	0,4	19,9	0,5			1	0,07			19,97	
10	352,8	3,4	0,84	191				150	206	150	200	189	3,50	0,87	4,0	3,5	23,4	2,8	1	1,6	1	0,04			25,01	
11	352,8	3,4	0,84	191				150	206	150	200	189	3,50	0,87	3,0	2,6	22,2	2,1	1	1,6	1	0,13			23,87	
12	352,8	3,4	0,84	191				150	206	150	200	189	3,50	0,87	4,0	3,5	25,6	2,8			1	0,00			25,64	
Difusors:																										
Model:																										
VDW300X8	176,4	2,9	0,84	148	100	6,2	5,98								1,5	9,0	9,0	0,5					32		41,00	
VDW300X8	133	2,7	0,84	133	100	4,7	3,47								1,5	5,2	5,2	0,5					32		37,21	
VDW300X8	211	3,0	0,84	158	150	3,3	1,06								1,5	1,6	1,6	0,7					32		33,58	
VDW300X8	175	2,9	0,84	147	100	6,2	5,89								1,0	5,9	5,9	0,3					32		37,89	
VDW500X24	459	3,6	0,84	211	150	7,2	4,71								2,0	9,4	9,4	0,9					29		38,41	

Conductes d'impulsió del climatitzador central:

Taula 48. Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat dels conductes d'impulsió del climatitzador central

CLIMATITZADOR CENTRAL								Canonades d'Impulsió																																																									
				Conducte Circular				Conducte Rectangular				Velocitat Inicial: 7.7		m/s		Temp (°C):		20		Altitud (m):		247		Colze 90º		Derivació Pas Directe		Unitat Term.		Pèrdua Càrrega Total																																			
Tram/Cassett e	Cabal	Vel.	Pèrdua Càrrega	Dià. m	Dià. Real	Vel. Real	Pèrd. Càrrega Real	Alçada	Amplada	Alçada Real	Amplada Real	Dià. Real	Vel. Real	Pèrd. Càrrega Real	Llarg.	Pèrdua Càrrega Tram	Pèrdua Càrrega Acumulada	Superf.	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp																																			
																															m3/h	m/s	Pa/m	mm	mm	m/s	Pa/m	mm	mm	mm	mm	mm	m/s	Pa/m	m	Pa	Pa	m2	nº	Pa	nº	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa							
Tram:																																	Trams:																																
0	13029	7,7	0,65	774				600	842	600	850	777,7	7,617	0,64	6,0	3,8	3,8	17,4	2	72,7	1	0,04										76,52																																	
1	12476	7,5	0,65	766				600	824	600	850	778	7,29	0,58	1,5	0,9	4,7	4,4			1	0,04										4,74																																	
2	11925	7,4	0,65	753				600	796	600	800	755	7,39	0,6	10,0	6,2	10,9	28,0	4	135,7	1	0,03										146,68																																	
3	8756	6,9	0,65	671				550	687	550	700	677	6,75	0,6	4,5	2,7	13,6	11,3			1	0,12										13,75																																	
4	7960	6,7	0,65	647				550	638	550	650	653	6,60	0,6	4,5	2,7	16,3	10,8			1	0,04										16,38																																	
5	7164	6,5	0,65	622				550	589	550	650	653	5,94	0,5	1,0	0,5	16,8	2,4			1	0,04										16,88																																	
6	6368	6,4	0,65	595				500	594	500	600	598	6,29	0,6	4,0	2,5	19,3	8,8			1	0,04										19,34																																	
7	5572	6,1	0,65	566				500	537	500	600	598	5,51	0,5	1,0	0,5	19,8	2,2			1	0,04										19,82																																	
8	4776	5,9	0,65	534				450	532	450	550	543	5,72	0,6	4,0	2,3	22,1	8,0			1	0,04										22,15																																	
9	3980	5,6	0,65	499				450	463	450	550	543	4,77	0,4	1,0	0,4	22,5	2,0			1	0,05										22,56																																	
10	3184	5,3	0,65	459				400	441	400	450	464	5,24	0,6	2,5	1,5	24,0	4,3	1	7,48	1	0,05										31,55																																	
11	2388	5,0	0,65	412				350	407	400	450	464	3,93	0,3	1,0	0,3	24,4	1,7			1	0,06										24,42																																	
12	1592	4,5	0,65	354				300	350	300	350	354	4,49	0,6	4,5	2,8	27,2	5,9	1	5,29	1	0,07										32,57																																	
19	3169	5,3	0,65	458				400	439	400	450	464	5,21	0,6	2,0	1,2	12,1	3,4	1	7,47	1	0,56										20,14																																	
20	2373	5,0	0,65	411				350	405	350	400	409	5,02	0,6	3,5	2,3	14,4	5,3			1	0,06										14,44																																	
21	1577	4,5	0,65	353				300	348	300	350	354	4,45	0,6	4,5	2,8	17,2	5,9			1	0,07										17,24																																	
22	781	3,8	0,65	271				200	311	200	300	266	3,89	0,7	7,0	4,8	22,0	7,0	1	4,04												26,03																																	
13	551,4	3,4	0,65	238				200	237	200	250	244	3,27	0,6	4,0	2,2	6,9	3,6			1	0,75										7,65																																	
14	367,6	3,1	0,65	204				150	236	150	250	210	2,95	0,5	5,0	2,7	9,6	4,0			1	0,04										9,67																																	
15	183,8	2,6	0,65	158				100	215	100	200	152	2,80	0,7	9,5	7,1	16,7	5,7	1	1,02	1	0,05										17,81																																	
16	551,4	3,4	0,65	238				200	237	200	250	244	3,27	0,6	1,5	0,8	5,5	1,4			1	0,75										6,27																																	
17	367,6	3,1	0,65	204				150	236	150	200	189	3,64	0,9	5,0	4,7	10,2	3,5			1	0,04										10,27																																	
18	183,8	2,6	0,65	158				100	215	100	200	152	2,80	0,7	5,0	3,7	14,0	3,0	1	1,02												14,99																																	
Model:				Cassettes:																																																													
VDW300X8	183,8	2,6	0,65	158	100	6,5	6,47								2	12,9	12,9	0,6											32		47,90																																		
VDW600X48	781	3,8	0,65	271	200	6,9	2,99								2	6,0	6,0	1,3												35		40,99																																	
VDW600X48	796	3,8	0,65	273	200	7,0	3,11								2	6,2	6,2	1,3													35		41,21																																

Conducces de retorn del climatitzador de les sales de visites i de la sala de juntes:

Taula 49. Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat dels conductes de retorn del climatitzador de les sales de visites

CLIMATITZADOR SALA VISITES I SALA JUNTES								Canonades de Retorn																				
				Conducció Circular				Conducció Rectangular				Velocitat Inicial: 5,2 m/s		Velocitat Real: 5,2 m/s		Temp. (°C): 20		Altitud (m): 247		Colze 90°		Derivació Pas Directe		Unit. Term.		Pèrdua Càrrega Total		
Tram/Cassett e	Cabal	Vel.	Pèrdua Càrrega	Dià.	Dià. Real	Vel. Real	Pèrd. Càrrega Real	Alçada	Amplada	Alçada Real	Amplada Real	Dià. Real	Vel. Real	Pèrd. Càrrega Real	Llarg.	Pèrdua Càrrega Tram	Pèrdua Càrrega Acumulada	Superf.		Dp		Dp	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp
	m3/h	m/s	Pa/m	mm	mm	m/s	Pa/m	mm	mm	mm	mm	mm	m/s	Pa/m	m	Pa	Pa	m2	nº	Pa	nº	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa		
Tram:																												
0	1715	5,2	0,89	340				300	323	300	350	354	4,84	0,73	14,5	10,6	10,6	18,9	4	28,7								39,26
1	967	4,5	0,89	276				200	325	200	300	266	4,82	1,04	3,0	3,1	13,7	3,0			1	0,13						13,80
2	643	4,0	0,89	237				200	236	200	250	244	3,82	0,74	3,5	2,6	16,3	3,2			1	0,06						16,33
3	600	4,0	0,89	231				200	224	200	250	244	3,56	0,65	2,5	1,6	17,9	2,3			1	0,01						17,90
4	557	3,9	0,89	225				200	211	200	250	244	3,31	0,56	2,0	1,1	19,0	1,8			1	0,01						19,03
5	207	3,0	0,89	155				100	208	100	200	152	3,15	0,94	8,0	7,5	26,5	4,8	1	1,4	1	0,12						28,03
6	164	2,9	0,89	142				100	172	100	150	133	3,27	1,19	1,5	1,8	28,3	0,8			1	0,02						28,34
7	43	2,1	0,89	86				50	131	50	150	91	1,82	0,63	1,5	0,9	29,3	0,6	1	0,6								29,90
8	350	3,5	0,89	189				150	200	150	200	189	3,47	0,86	5,5	4,7	5,8	3,9	1	1,6								7,49
9	747	4,2	0,89	251				200	265	200	300	266	3,72	0,63	3,5	2,2	8,1	3,5	1	5,0								13,08
Reixes:																												
Model:																												
AR 125x225	43	2,1	0,89	86	50	6,1	13,83								1,5	20,7	20,7	0,2							10		30,75	
AR125x225	121	2,7	0,89	127	100	4,3	2,90								2,0	5,8	5,8	0,6							10		15,79	
AR165x425	324	3,4	0,89	183	150	5,1	2,41								1,5	3,6	3,6	0,7							18		21,61	
AR165x425	350	3,5	0,89	189	150	5,5	2,79								1,5	4,2	4,2	0,7							18		22,19	
AR 165x825	747	4,2	0,89	251	200	6,6	2,75								1,5	4,1	4,1	0,9							18		22,12	

Conducces de retorn del climatitzador central:

Taula 50. Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat dels conductes de retorn del climatitzador central

CLIMATITZADOR CENTRAL								Canonades de Retorn																			
				Conducte Circular				Conduite Rectangular				Velocitat Inicial: 7.3 m/s		Temp. (°C): 20		Altitud (m): 247		Colze 90°		Derivació Pas Directe		Unit. Term.		Pèrdua Càrrega Total			
Tram/Cassette	Cabal	Vel.	Pèrdua Càrrega	Dià.m	Dià.m. Real	Vel. Real	Pèrd. Càrrega Real	Alçada	Amplada	Alçada Real	Amplada Real	Dià.m. Real	Vel. Real	Pèrd. Càrrega Real	Llarg.	Pèrdua Càrrega Tram	Pèrdua Càrrega Acumulada	Superf.	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp		
	m³/h	m/s	Pa/m	mm	mm	m/s	Pa/m	mm	mm	mm	mm	mm	m/s	Pa/m	m	Pa	Pa	m²	nº	Pa	nº	Pa	Pa	Pa			
Tram:																											
0	10155	7.3	0.68	700				550	750	550	750	700	7.33	0.68	29.5	19.9	19.9	76.7	4	103	1	0.27				123.31	
1	5539.2	6.2	0.68	561				450	588	450	600	567	6.10	0.62	8.5	5.3	25.2	17.9	1	18.6	1	0.27				44.07	
2	4616	6.0	0.68	524				450	511	450	500	518	6.07	0.69	2.6	1.8	27.0	4.9			1	0.05				27.05	
3	3692.8	5.6	0.68	482				400	487	400	500	488	5.48	0.61	2.6	1.6	28.6	4.6			1	0.06				28.63	
4	2769.6	5.2	0.68	432				350	449	350	450	433	5.22	0.65	2.6	1.7	30.2	4.1			1	0.07				30.31	
5	1846.4	4.7	0.68	371				300	387	300	400	378	4.58	0.60	2.6	1.5	31.8	3.6			1	0.08				31.87	
6	923.2	4.0	0.68	286				250	275	250	300	299	3.65	0.52	2.6	1.3	33.1	2.8	1	4.2						37.29	
Trams:																											
7	4616	6.0	0.68	524				450	511	450	500	518	6.07	0.69	2.5	1.7	21.7	4.8			1	0.33				21.98	
8	3692.8	5.6	0.68	482				400	487	400	500	488	5.48	0.61	2.6	1.6	23.2	4.6			1	0.06				23.29	
9	2769.6	5.2	0.68	432				350	449	350	450	433	5.22	0.65	2.6	1.7	21.7	4.1			1						
10	1846.4	4.7	0.68	371				300	387	300	400	378	4.58	0.60	8.5	5.1	26.8	11.9	2	12.8	1	0.08				39.66	
11	923.2	4.0	0.68	286				250	275	250	300	299	3.65	0.52	2.6	1.3	28.1	2.8	1	4.2						32.27	
Model:																											
Reixes:																											
AR225x1025	923.2	4.0	0.68	286	200	8.2	4.13								1.0	4.1	4.1	0.6						8		12.13	
AR165x425	390.5	3.2	0.68	207	150	6.1	3.45								1.0	3.4	7.6	0.5						18		25.58	
AR125x225	183.83	2.7	0.68	156	100	6.5	6.47								1.0	6.5	14.1	0.3						10		24.05	

Conducció d'extracció de les boques d'extracció:

Taula 51. Diàmetres, pèrdues de càrrega i velocitat dels conductes de les boques d'extracció

BOQUES D'EXTRACCIÓ								Canonades d'extracció																			
								Conduite Rectangular				Velocitat Inicial: Velocitat Real:		5.5 5.5		m/s m/s		Temp. (°C): 20		Altitud (m): 247		curvas circulars		Derivació Pas Directe		Pèrdua Càrrega Total	
Tram/Cassett e	Cabal m3/h	Vel. m/s	Pèrdua Càrrega Pa/m	Dià. m mm	Dià. Real mm	Vel. Real m/s	Pèrd. Càrrega Real Pa/m	Alçada mm	Amplada mm	Alçada Real mm	Amplada Real mm	Dià. Real mm	Vel. Real m/s	Pèrd. Càrrega Real Pa/m	Llarg. m	Pèrdua Càrrega Tram Pa	Pèrdua Càrrega Acumulada Pa	Superf. m2	nº	Dp Pa	nº	Dp Pa	Pa				
Tram:								Trams:																			
0	2250	5,5	0,85	380	315	8,0	2,23								29,5	65,8	65,8	29,2			1	0,21	66,05				
1	1000	4,4	0,85	282	200	8,8	4,82								8,5	40,9	106,8	5,3			1	0,21	106,99				
2	500	3,7	0,85	218	150	7,9	5,55								2,6	14,3	121,0	1,2	1	14	1	0,11	134,77				
3	250	3,1	0,85	168	100	8,8	11,70								2,6	30,1	151,1	0,8					151,11				
4	1250	4,7	0,85	307	315	4,5	0,72								2,5	1,8	67,6	2,5			1	0,13	67,78				
5	750	4,1	0,85	253	200	6,6	2,77								2,6	7,1	74,8	1,6			1	0,09	74,85				
6	250	3,1	0,85	168	100	8,8	11,70								2,6	30,1	67,6	0,8	1	17							

Podem veure l'entramat de canonades d'aire que alimentaran els fan-coils i els climatitzadors als Plànols 7, 8, 9, 10 i 11. Conjuntament a aquest plànols, es poden utilitzar els plànols 12 i 13 on hi ha un esquema de principi de la instal·lació.

5.3- Plànols de distribució de les canonades d'aigua

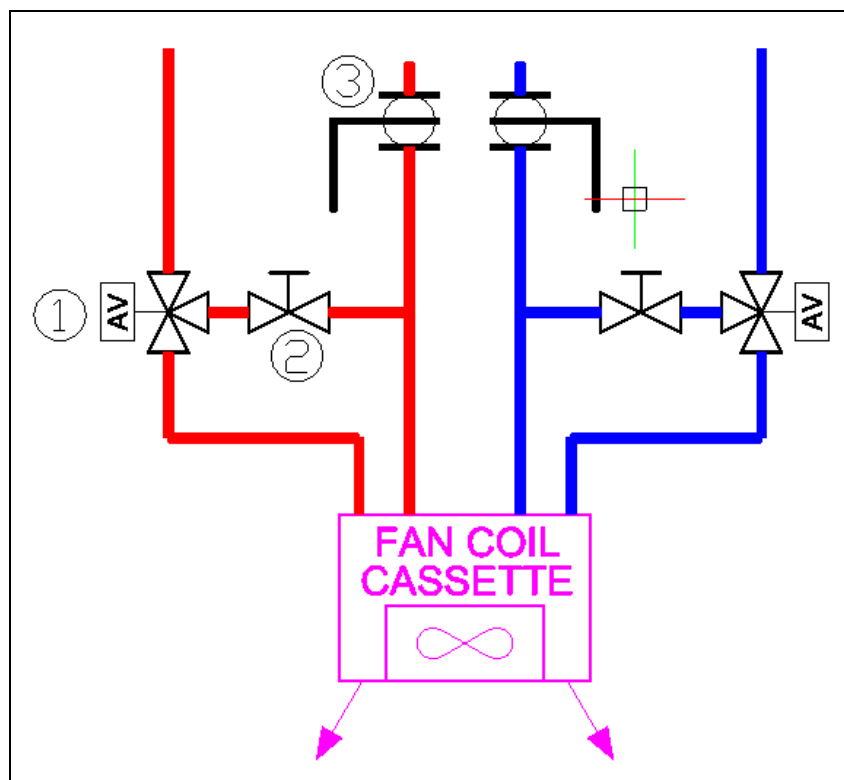
- Plànols de distribució de canonades:

Els plànols 3, 4 i 5 ens permeten veure una distribució de les canonades vistes en planta, que permet tenir una idea ràpida de com serà la instal·lació. Per a la distribució d'aquestes canonades, s'ha tingut en compte un factor molt important, l'equilibrat de les derivacions finals.

S'ha de tenir en compte que no tots els cassets estan ubicats al mateix lloc i per tant la pèrdua de càrrega que ha de vèncer l'aigua per arribar a cadascun d'ells es diferent. Per aquest motiu, s'han distribuït les canonades mitjançant un sistema anomenat "Retorn Invertit", que consisteix en fer que la pèrdua de càrrega de totes les derivacions sigui igual fent que no sigui necessari la col·locació de vàlvules TA per equilibrar les derivacions finals. El retorn invertit es basa en que la impulsió de la canonada comença repartint l'aigua des del punt A fins al Z i en canvi el retorn comença des del punt Z fins a l'A, fent que totes les derivacions finals hagin de combatre la mateixa distància i els mateixos obstacles igualant així la pèrdua de càrrega.

- Esquema de principi:

El plànol 6, és un esquema de principi de la instal·lació d'aigua que permet veure quin es el recorregut de les canonades d'aigua tant de la impulsió com del retorn per tal de saber quin serà l'ordre que seguiran les canonades. A més a més, permet veure quins són els elements que formaran aquesta instal·lació i com es regularà l'entrada d'aigua calenta i freda als cassets. A continuació es mostra una imatge per veure un esquema dels elements de regulació dels cassets:



(Imatge 16: Elements de control del casset)

- 1- Vàlvula 3 vies que serveix per regular l'entrada de l'aigua.
- 2- Vàlvula normal de regulació que permet obrir, tancar i ajustar el cabal.
- 3- Vàlvula de bola.

El funcionament d'aquest conjunt de vàlvules va en funció de la demanda que tingui el casset. Quan el casset te demanda de calor o fred, la vàlvula de bola (3) s'obra al màxim i es tanca la vàlvula normal (2) per permetre el pas de l'aigua per dins del casset. Un cop surt del casset, l'aigua es troba la vàlvula de 3 vies oberta. En cas que la demanda es pari i no es vulgui més aigua calenta o freda, la vàlvula de 3 vies es tanca i s'obra la normal. D'aquesta manera l'aigua no circula per dins del casset i el circuit pot seguir movent l'aigua. El principal problema és que la vàlvula normal no té la mateixa pèrdua de càrrega que te el casset i això provoca un augment del cabal perquè hi ha menys fregament. Aquest augment del cabal provoca una disminució del cabal en altres cassetts i per solventar aquest problema es col·loca una vàlvula normal (2) regulable per poder ajustar l'obertura d'aquesta i igualar la pèrdua de càrrega a la del casset.

5.4- Plànols de distribució dels conductes d'aire

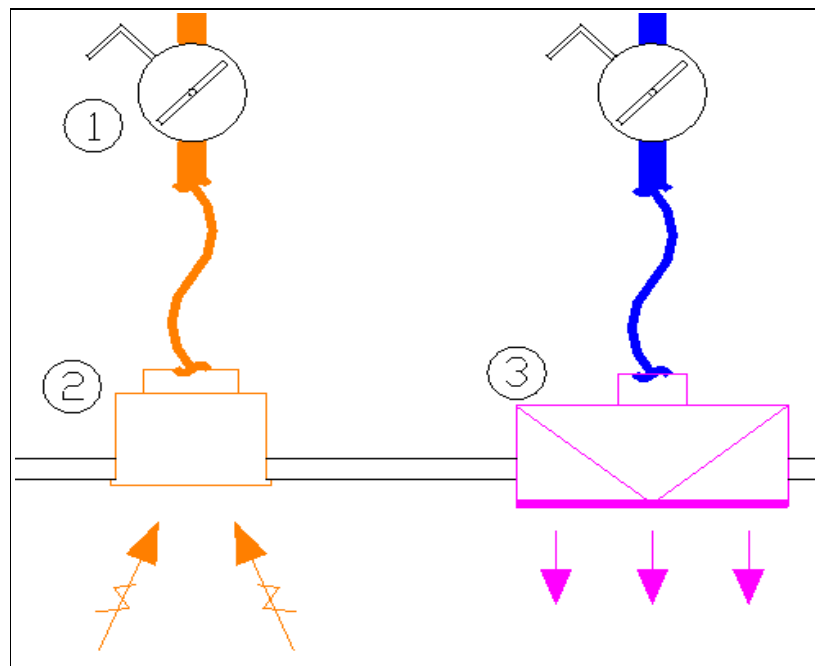
- Plànols de distribució dels conductes:

Els plànols 7, 8, 9, 10 i 11 permeten veure la distribució en planta dels conductes d'aire tant de la impulsio dels climatitzadors com del seu retorn i de les boques d'extracció encarregades d'extreure l'aire de ventilació de la zona de fan-coils.

- Esquema de principi:

Els plànols 12 i 13 són un esquema de principi de la instal·lació on es pot veure l'ordre en que s'impulsa l'aire als difusors i l'ordre en que es retorna l'aire al climatitzador a través de les reixes d'extracció.

De la mateixa manera que la xarxa de canonades d'aigua, en la distribució de l'aire també s'ha de tenir en compte un equilibri en les derivacions finals. Per aquest equilibratge, s'ha disposat de comportes de regulació de cabal a l'entrada dels cassets, a l'entrada dels difusors i a la sortida de les reixes d'extracció per tal d'equilibrar al màxim la pèrdua de càrrega fent que arribi l'aire desitjat a cada derivació final. A continuació es mostra un petit esquema amb els elements de control d'aquestes derivacions finals:



(Imatge 17: Equilibratge mitjançant comportes de regulació)

- 1- Comportes de regulació de cabal.
- 2- Reixes d'extracció de l'aire.
- 3- Difusors.

6- PRESSUPOST FINAL DEL SISTEMA ESCOLLIT

Com ja s'ha dit anteriorment, el sistema escollit per realitzar la climatització d'aquest complex d'oficines és el de fan-coils a 4 tubs i climatitzadors. Un cop seleccionats tots els elements necessària per dur a terme aquesta instal·lació i un cop dimensionades totes les canonades i conductes d'aigua i aire, ja es pot realitzar un pressupost final. Es coneixen tots els materials necessaris i la quantitat d'hores necessàries per dur a terme la construcció d'aquesta instal·lació. A continuació es mostra el pressupost final:

SOLUCIÓ A 4 TUBS						
	Denominació	Quantitat nº	Cost Unitat [€/m]/[€/m2]	Cost Total Material €	Ma d'obra hores	Ma d'obra(25€/h) €
AIGUA	Bomba de calor CLIMAVENETA Energy Raiser d'alta eficiència NECS-Q R410a aire/aigua per instal·lació a 4 tubs amb ventiladors axials equipada amb 4 compressors scroll i 2 circuits independents, intercambiador de plaques, refrigerant ecològic R410a, versió standard.	1,0	41838,90	41838,90	16,0	400,00
	Accessoris	1,0	2000,00	2000,00	4,0	100,00
AIGUA	FAN-COILS/CASSETTES:					
	42GWD004	14,0	939,00	13146,00	63,0	1575,00
	42GWD008	10,0	947,00	9470,00	45,0	1125,00
	42GWD010	2,0	959,00	1918,00	9,0	225,00
	42GWD020	6,0	1505,00	9030,00	27,0	675,00
	Kit de control (term+v3v)	32,0	130,48	4175,36	192,0	4800,00
	Tubs 1/2" (DIN2440) [m]	183,0	2,17	397,11	110,0	2750,00
	Tubs 3/4" (DIN2440) [m]	158,0	2,82	445,56	95,0	2375,00
	Tubs 1" (DIN2440) [m]	109,0	3,81	415,29	65,0	1625,00
	Tubs 1 1/4" (DIN2440) [m]	98,5	4,63	456,06	59,0	1475,00
	Tubs 1 1/2" (DIN2440) [m]	31,5	5,33	167,90	19,0	475,00
	Tubs 2" (DIN2440) [m]	176,5	7,52	1327,28	106,0	2650,00
	Tubs 2 1/2" (DIN2440) [m]	121,0	9,60	1161,60	73,0	1825,00
	Tubs 3" (DIN2440) [m]	19,5	12,49	243,56	12,0	300,00
	Tubs 4" (DIN2440) [m]	7,0	14,22	99,54	4,0	100,00
	Aïllament Espuma Elastomèrica e=30mm 1/2" [m]	183,0	3,30	603,17	55,0	1375,00
	Aïllament Espuma Elastomèrica e=30mm 3/4" [m]	158,0	3,92	619,99	47,0	1175,00
	Aïllament Espuma Elastomèrica e=30mm 1" [m]	109,0	4,18	455,62	33,0	825,00
	Aïllament Espuma Elastomèrica e=30mm 1 1/4" [m]	98,5	4,20	413,31	30,0	750,00
	Aïllament Espuma Elastomèrica e=30mm 1 1/2" [m]	31,5	4,68	147,46	9,0	225,00
	Aïllament Espuma Elastomèrica e=30mm 2" [m]	176,5	5,40	952,82	53,0	1325,00
	Aïllament Espuma Elastomèrica e=30mm 2 1/2" [m]	121,0	6,14	742,94	36,0	900,00
	Aïllament Espuma Elastomèrica e=30mm 3" [m]	19,5	7,08	138,14	6,0	150,00
	Aïllament Espuma Elastomèrica e=30mm 4" [m]	7,0	8,98	62,88	2,0	50,00
	Tub PVC 25 mm [m]	160,0	1,28	205,00	32,0	800,00
AIRE	FAN-COILS/CASSETTES:					
	UPA Fan-coils: AE = 2025m3/h	1,0	4321,00	4321,00	16,0	400,00
	Control (Termostat +Vàlvula 3 vies)	1,0	67,30	67,30	8,0	200,00
	Conductes Metàl·lics Rectangulars Impulsió [m2]	90,0	19,50	1755,00	45,0	1125,00
	Aïllament Conductes Rectangulars (Espuma Elastomèrica e=30mm) [m2]	90,0	8,20	738,00	23,0	575,00
	Conductes Circulars Galvanitzats Impulsió DN100 [m]	80,0	1,69	134,84	108,0	2700,00
	Aïllament Conductes Circulars [m2]	25,1	10,95	275,06	34,0	850,00
	Conductes Circ. Flexibles DN100 + Aïllament de fibra de vidre [m]	32,0	1,53	48,83	6,0	150,00
	Comportes de regulació Madel SKC-C 100 mm	29,0	57,63	1671,27	29,0	725,00
	Reixa d'intempèrie 330x600	1,0	150,70	150,70	2,0	50,00
	Boques d'extracció LVS	6,0	337,00	2022,00	6,0	150,00
	Conductes Circulars Galvanitzats Boques d'extracció DN100 [m]	5,0	1,69	8,43	7,5	187,50
	Conductes Circulars Galvanitzats Boques d'extracció DN150 [m]	2,5	2,44	6,10	4,0	100,00
	Conductes Circulars Galvanitzats Boques d'extracció DN200 [m]	11,0	3,85	42,35	16,0	400,00
	Conductes Circulars Galvanitzats Boques d'extracció DN315 [m]	32,0	5,32	170,24	32,0	800,00
	Aïllament Conductes Circ. Boques d'extracció [m2]	41,3	10,95	452,31	62,0	1550,00
	Reixes Passaportes AGS-T	6,0	107,80	646,80	6,0	150,00
	Ventilador SODECA SV-315/H per Boques d'extracció (2025m3/h)	1,0	465,60	465,60	16,0	400,00
AIRE	CLIMATITZADOR CENTRAL:					
	UTA Climatitzador Central: AE = 13029 m3/h	1,0	11370,00	11370,00	16,0	400,00
	Control (Termostat +Vàlvula 3 vies)	1,0	67,30	67,30	8,0	200,00
	Conductes Metàl·lics Rectangulars Impulsió [m2]	236,0	19,50	4602,00	118,0	2950,00
	Aïllament (Espuma elastomèrica e=30mm) Conductes Rectangulars Impulsió + Retorn [m2]	379,0	8,20	3107,80	95,0	2375,00
	Conductes Circulars Galvanitzats DN100 Impulsió + Retorn [m]	18,0	1,69	30,34	27,0	675,00
	Conductes Circulars Galvanitzats DN150 Impulsió + Retorn [m]	2,0	2,44	4,88	3,0	75,00
	Conductes Circulars Galvanitzats DN200 Impulsió + Retorn [m]	41,0	3,85	157,85	61,0	1525,00
	Aïllament Conductes Circulars [m2]	27,3	10,95	298,44	40,5	1012,50
	Conductes Metàl·lics Rectangulars Retorn [m2]	143,0	19,50	2788,50	71,0	1775,00
	Difusors VDW 300x8	6,0	157,50	945,00	6,0	150,00
	Difusors VDW 600x48	15,0	357,00	5355,00	15,0	375,00
	Reixes de Retorn 165x425	2,0	36,50	73,00	2,0	50,00
	Reixes de Retorn 125x225	6,0	24,30	145,80	6,0	150,00
	Reixes de Retorn 225x1025	11,0	94,10	1035,10	11,0	275,00
	Conductes Circ. Flexibles DN100 + Aïllament de fibra de vidre [m]	17,0	1,53	25,94	3,0	75,00
	Conductes Circ. Flexibles DN150 + Aïllament de fibra de vidre [m]	4,0	2,15	8,58	1,0	25,00
	Conductes Circ. Flexibles DN200 + Aïllament de fibra de vidre [m]	11,0	2,73	30,07	2,0	50,00
	Comportes de regulació Madel SKC-C 100 mm	21,0	57,63	1210,23	21,0	525,00
	Reixa d'intempèrie 330x600	1,0	150,70	150,70	2,0	50,00

CLIMATITZADOR VISITES + SALA JUNTES:						
AIRE	UTA Climatitzador Visites: AE = 2435,14 m3/h	1,0	4321,00	4321,00	16,0	4721,00
	Control (Termostat +Vàlvula 3 vies)	1,0	67,30	67,30	8,0	267,30
	Conductes Metàl·lics Rectangulars Impulsió [m2]	50,0	19,50	975,00	25,0	1600,00
	Aïllament (Espuma elàstica e=30mm) Conductes Rectangulars Impulsió + Retorn [m2]	93,0	8,20	762,60	23,0	1337,60
	Conductes Circulars Galvanitzats DN50 Impulsió + Retorn [m]	6,0	0,85	5,07	9,0	230,07
	Conductes Circulars Galvanitzats DN100 Impulsió + Retorn [m]	17,5	1,69	29,50	26,0	679,50
	Conductes Circulars Galvanitzats DN150 Impulsió + Retorn [m]	6,5	2,44	15,86	10,0	265,86
	Conductes Circulars Galvanitzats DN200 Impulsió + Retorn [m]	1,5	3,85	5,78	2,5	68,28
	Aïllament Conductes Circulars [m2]	5,5	10,95	60,17	8,0	260,17
	Conductes Metàl·lics Rectangulars Retorn [m2]	43,0	19,50	838,50	21,0	1363,50
	Difusors VDW 300x8	12,0	157,50	1890,00	12,0	2190,00
	Difusors VDW 500x24	1,0	249,70	249,70	1,0	274,70
	Reixes de Retorn 165x425	3,0	36,50	109,50	3,0	184,50
	Reixes de Retorn 165x525	1,0	42,60	42,60	1,0	67,60
	Reixes de Retorn 165x225	4,0	27,00	108,00	4,0	208,00
	Reixes de Retorn 165x325	1,0	31,90	31,90	1,0	56,90
	Conductes Circulars Flexibles de DN50 + Aïllament [m]	4,0	0,76	3,05	1,0	28,05
	Conductes Circulars Flexibles de DN100 + Aïllament [m]	1,0	1,53	1,53	0,5	14,03
	Conductes Circulars Flexibles de DN150 + Aïllament [m]	2,0	2,15	4,29	0,5	16,79
	Conductes Circulars Flexibles de DN200 + Aïllament [m]	1,0	2,73	2,73	0,5	15,23
	Comportes de regulació Model SKC-C 100 mm	13,0	57,63	749,19	13,0	1074,19
	Reixa d'intemperie 330x600	1,0	150,70	150,70	2,0	200,70
TOTAL:			145439,79		57975,00	203414,79

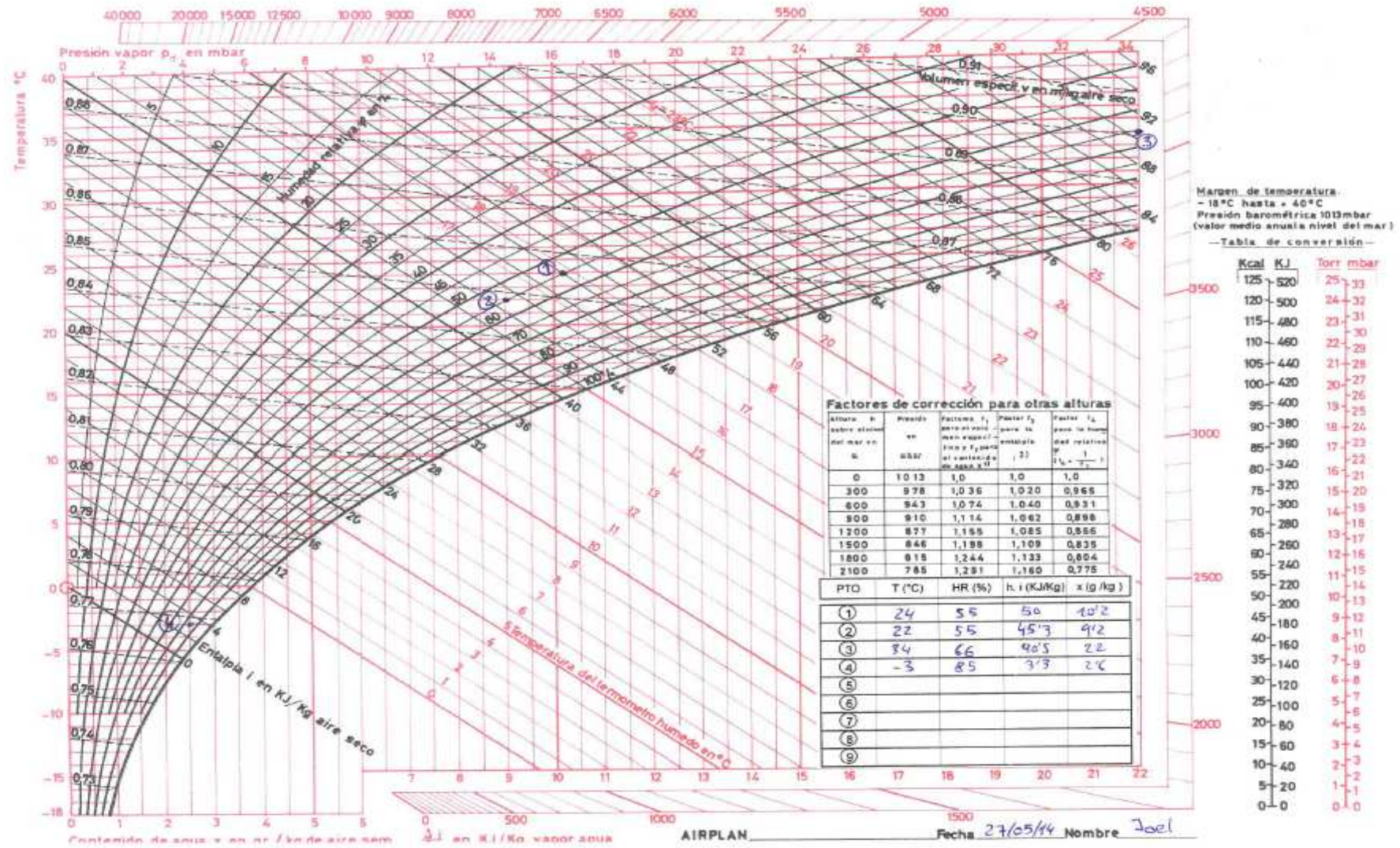
El cost final de la realització d'una instal·lació de climatització mitjançant fan coils a 4 tubs per les zones perimetrals i climatitzadors per les zones interiors serà de 203.415 €. Aquest preu es el cost net de la instal·lació sense contar impostos.

7- CONCLUSIONS

El present projecte té com a objectiu fer un estudi en profunditat de quin seria el sistema més adient per climatitzar un complex d'oficines de 1470 m2. S'han comparat 3 sistemes amb característiques diferents que aportaven diferents qualitats a la instal·lació i finalment s'ha fet un estudi comparatiu per trobar quin seria el més adequat. Un cop comparades les seves característiques tècniques com son el confort que aporta a l'edifici, el soroll que farà la instal·lació o el seu cost, s'ha arribat a la conclusió que el sistema més adequat es la instal·lació de fan-coils i climatitzadors a 4 tubs. Amb aquest sistema, s'aconsegueix un confort excel·lent amb un cost assumible. Comparativament amb els altres sistemes, aquest aporta unes qualitats tècniques molt favorables a un cost raonable que permeten a l'empresa dur a terme la instal·lació. Tant la seu manteniment anual, com el seu consum elèctric, com la seva facilitat alhora d'instal·lar-lo el fan el més adient per un complex d'oficines que requereix d'una climatització complexa per mantenir en tot moment les temperatures de confort que marca el RITE.

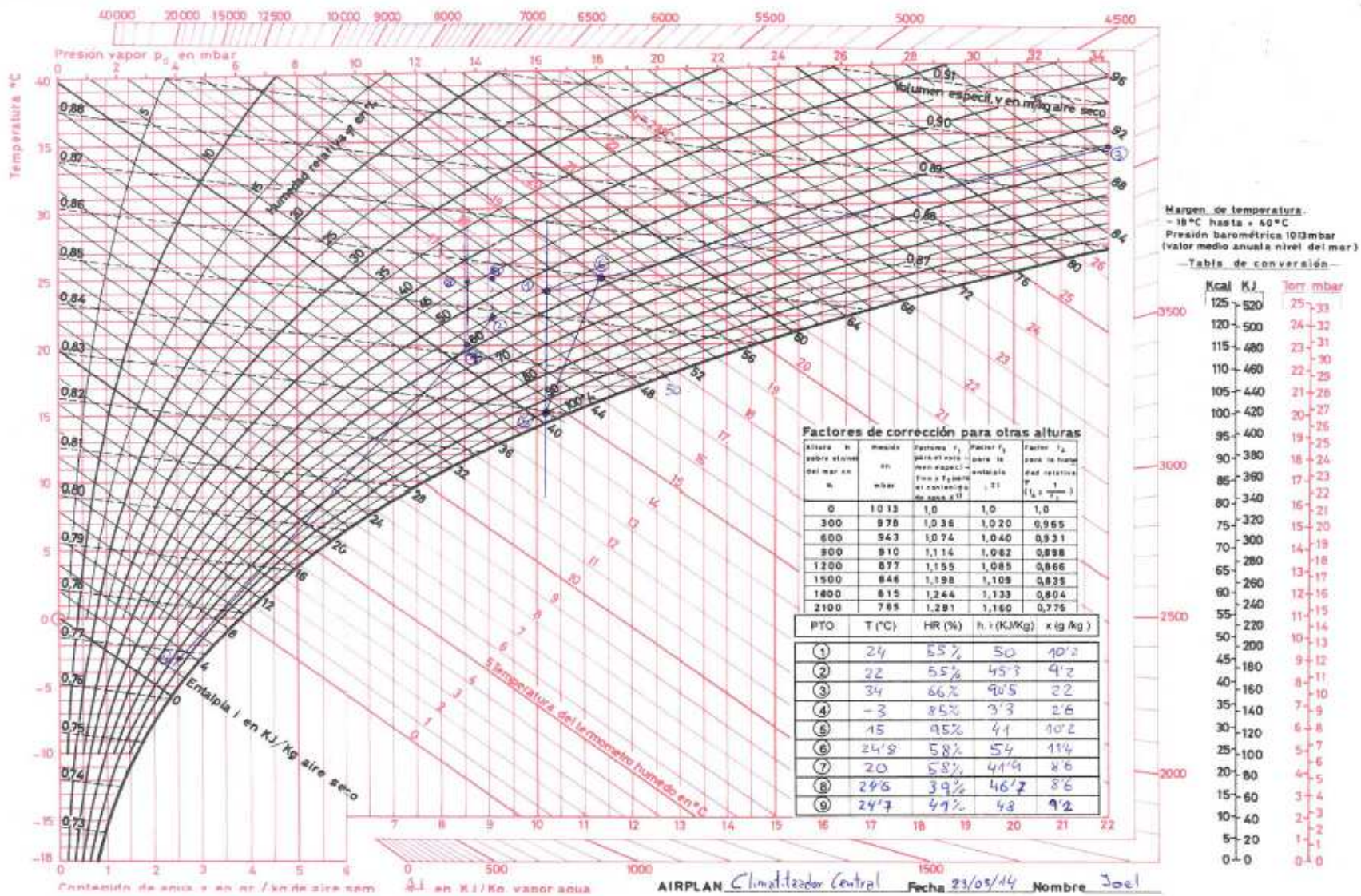
8- GRÀFICS

Gràfic 1: Gràfic psicromètric per calcular les càrregues tèrmiques per ventilació.

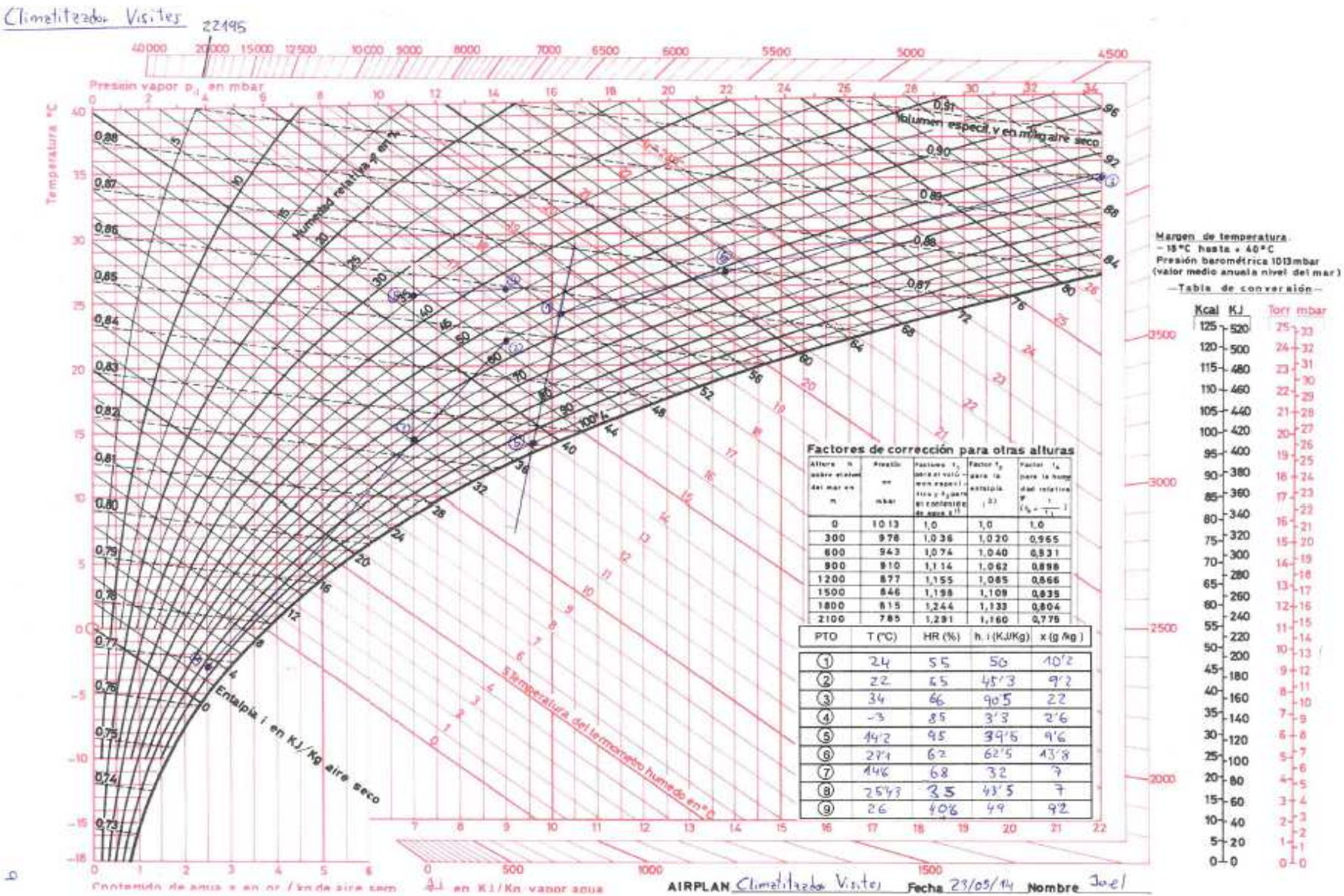


Gràfic 2: Gràfic psicromètric per la selecció del climatitzador de la zona central

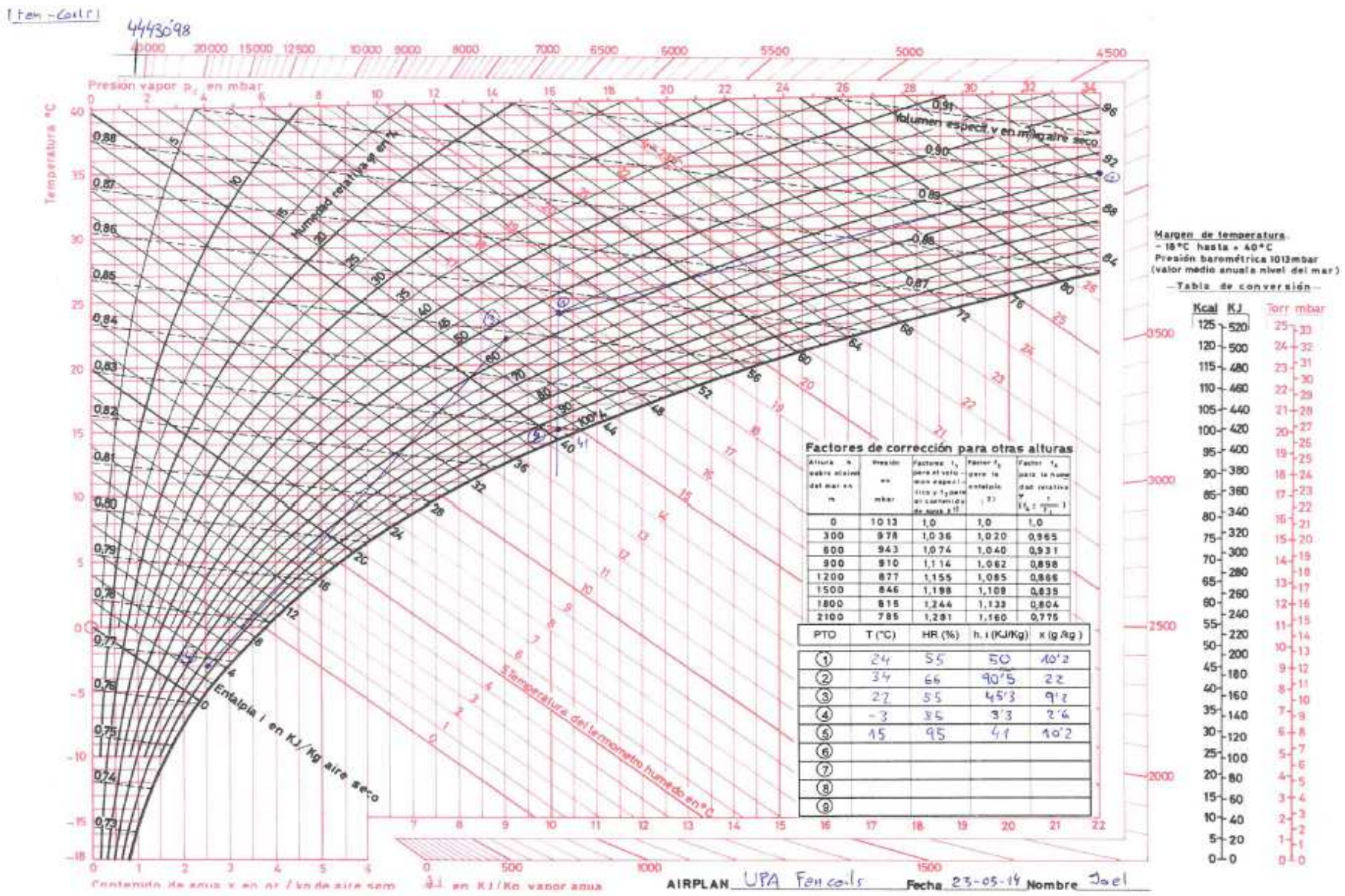
Climatitzador central



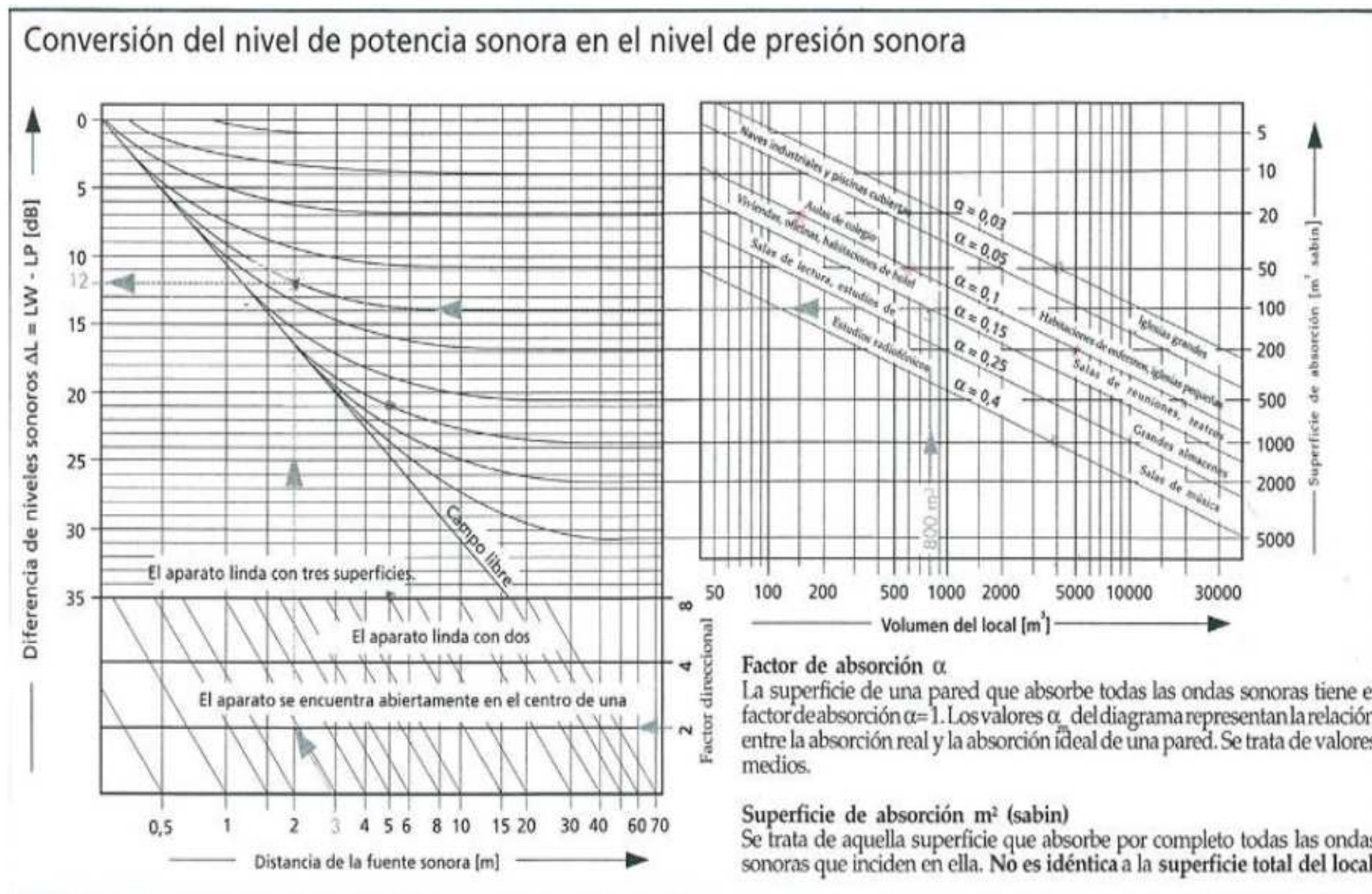
Gràfic 3: Gràfic psicromètric per la selecció del climatitzador de les sales de visites i la sala de juntes



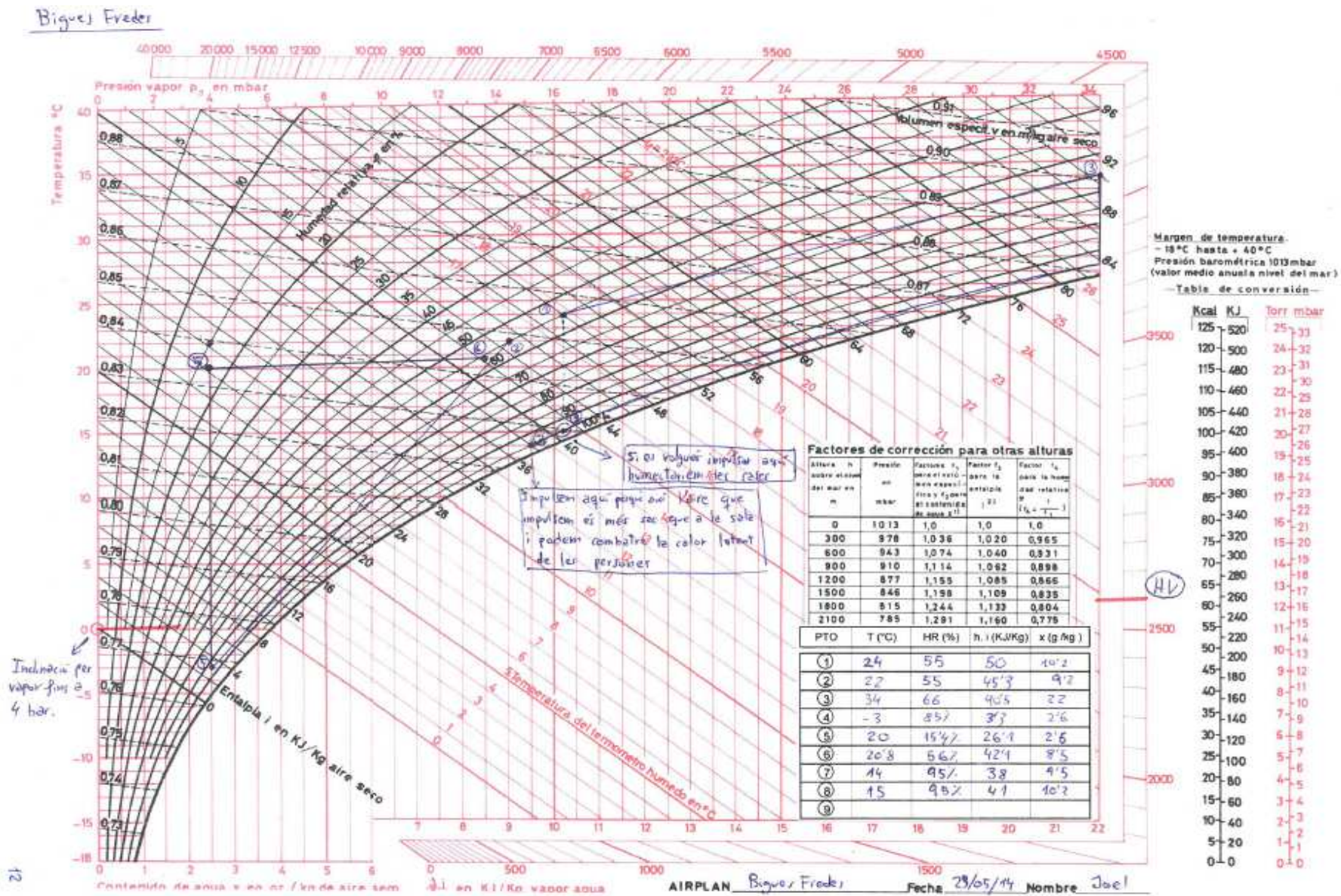
Gràfic 4: Gràfic psicromètric per la Selecció de la unitat de pretractament d'aire dels fan-coils



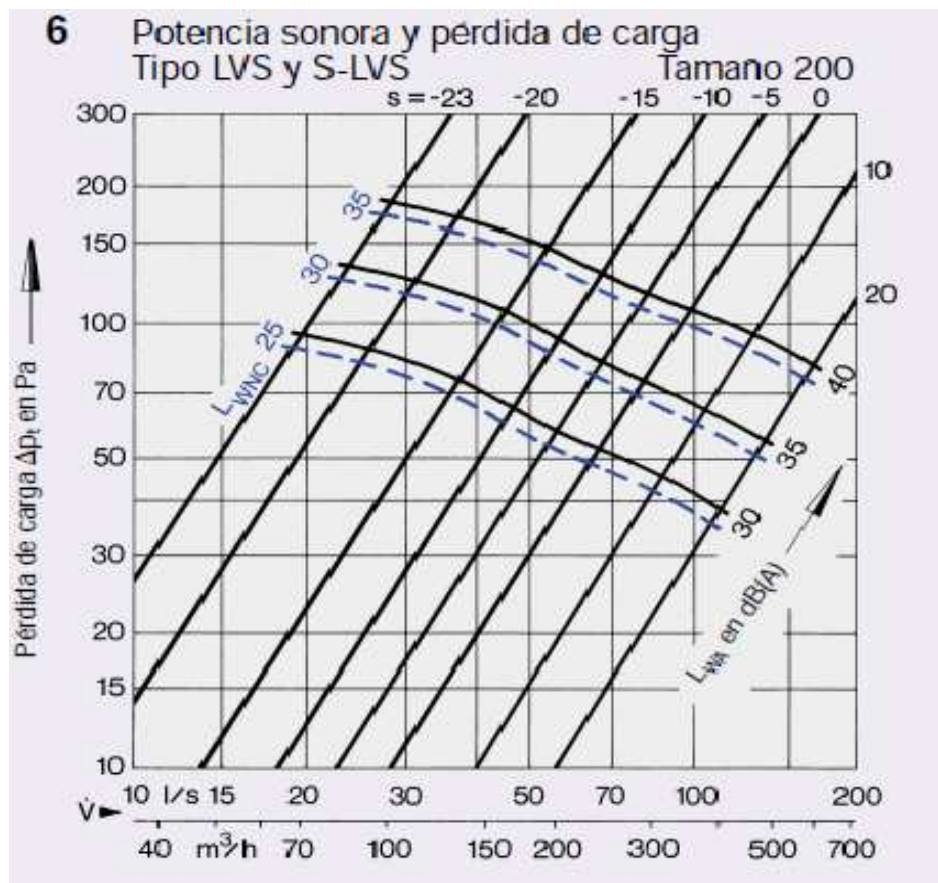
Gràfic 5: Gràfic de conversió del nivell de potència sonora a nivell de pressió sonora



Gràfic 6: Gràfic psicromètric per la selecció de la DOAS de les bigues fredes

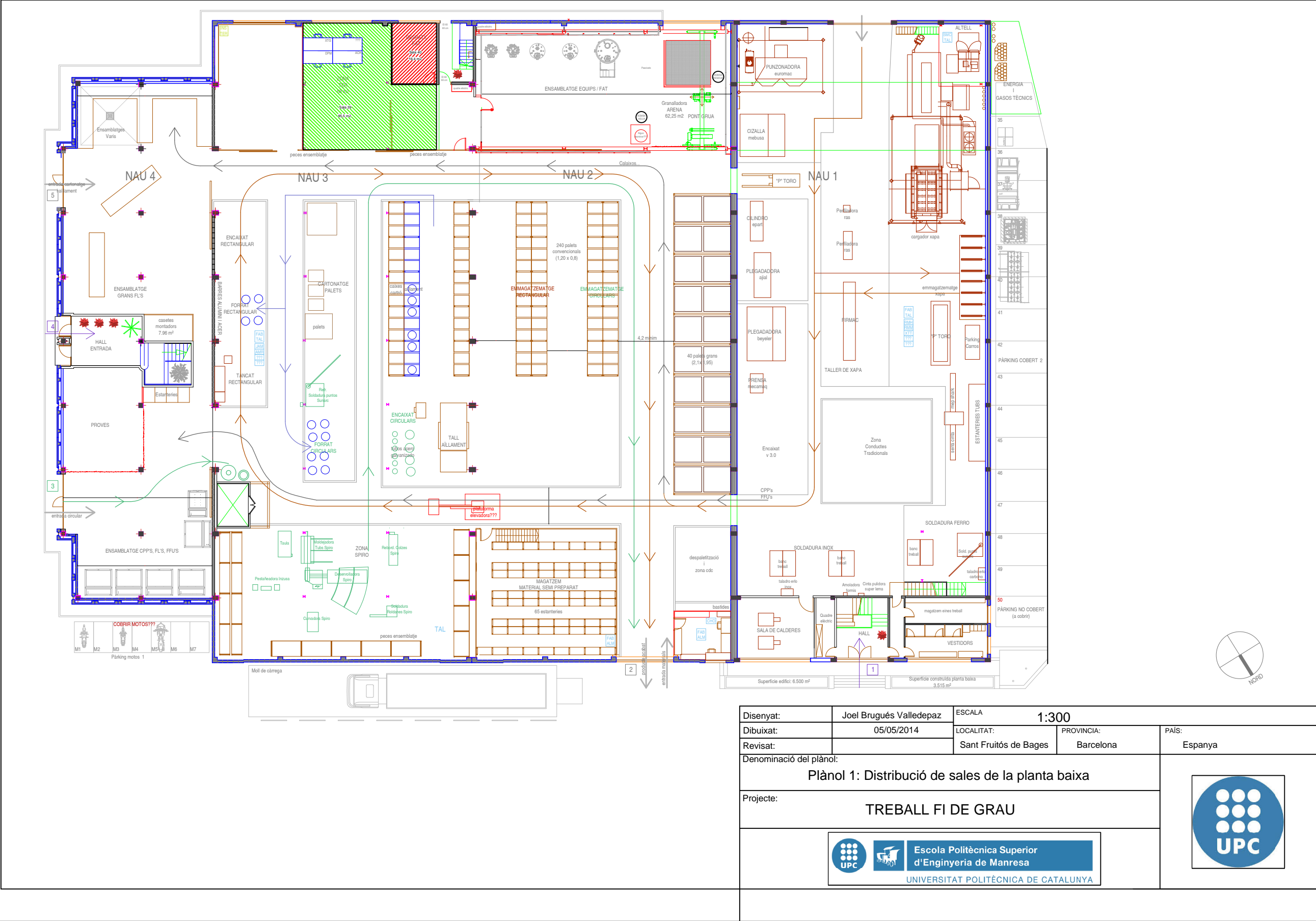


Gràfic 7: Gràfic per la selecció de les boques d'extracció LVS de TROX

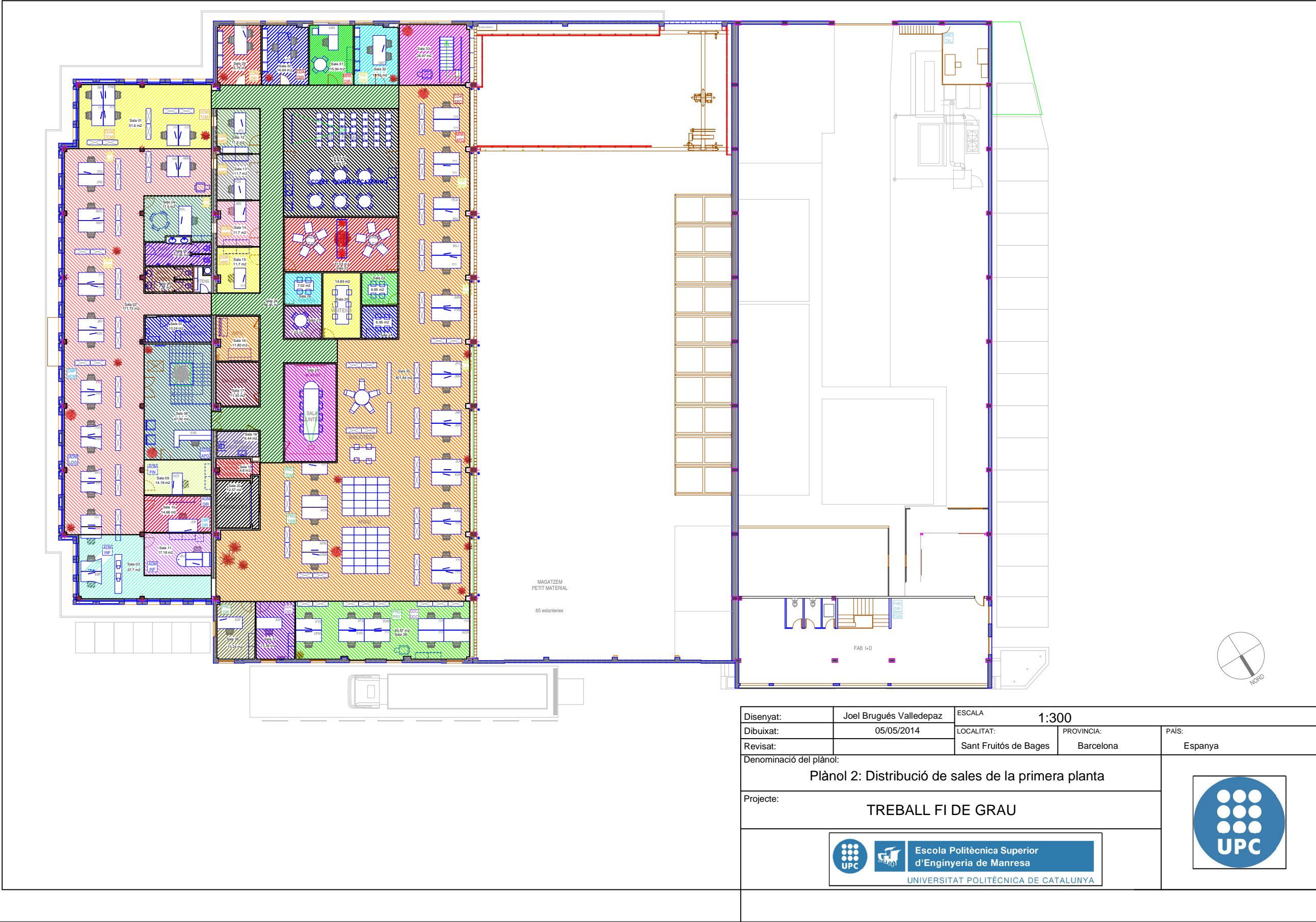


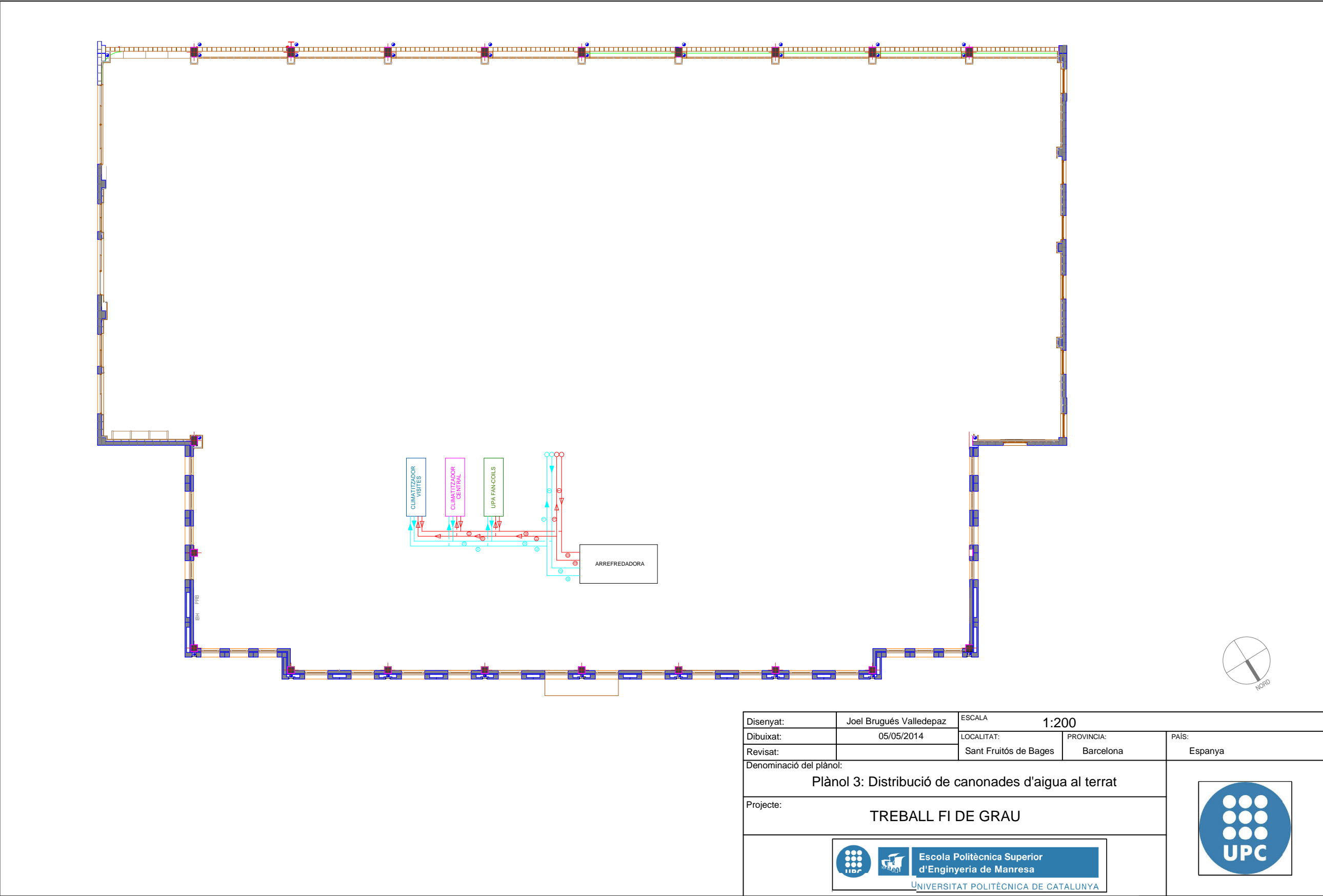
9- PLÀNOLS


Seguidament es mostren els plànols realitzats per al disseny de la instal·lació del sistema de fan-coils a 4 tubs i climatitzadors.

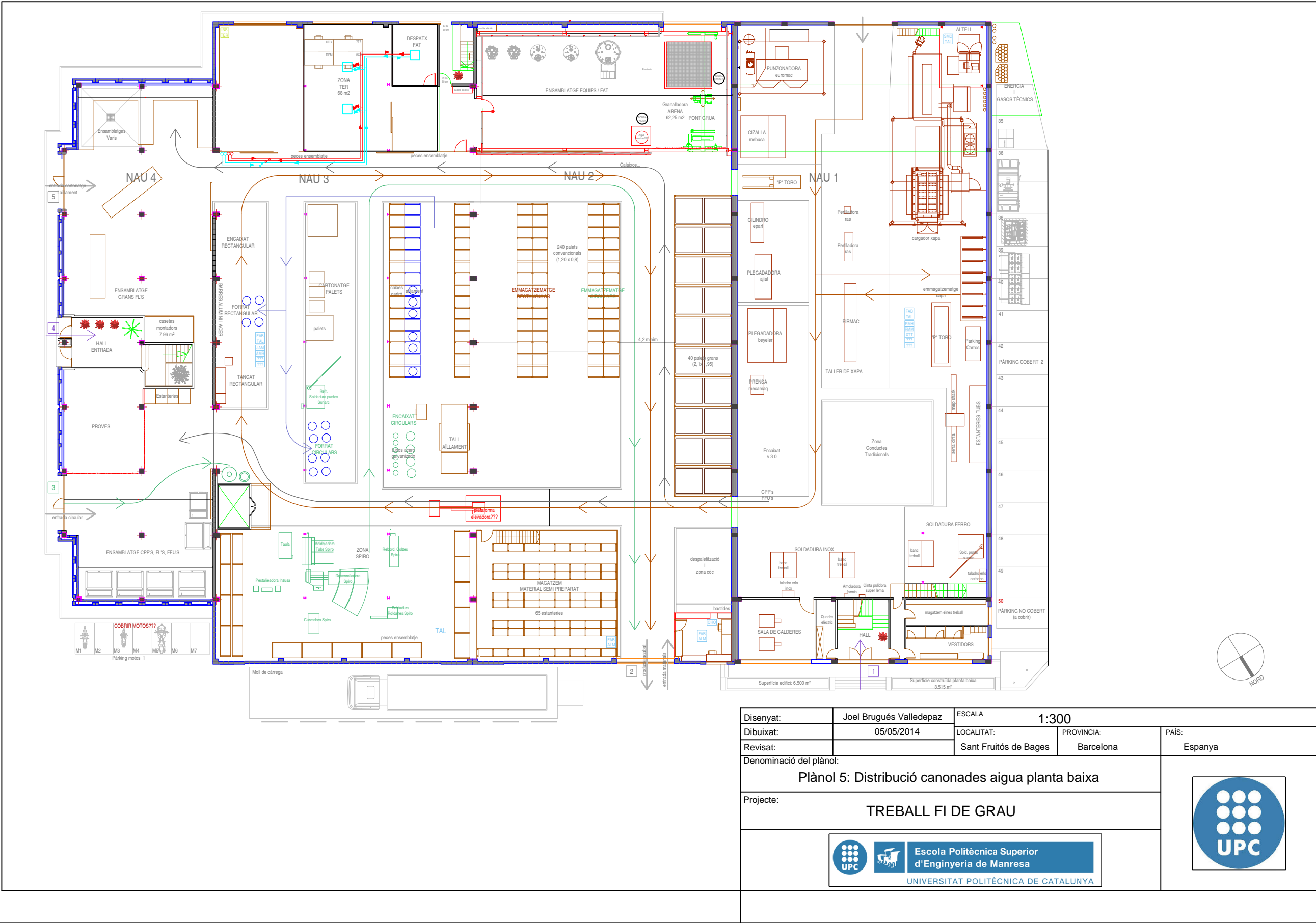


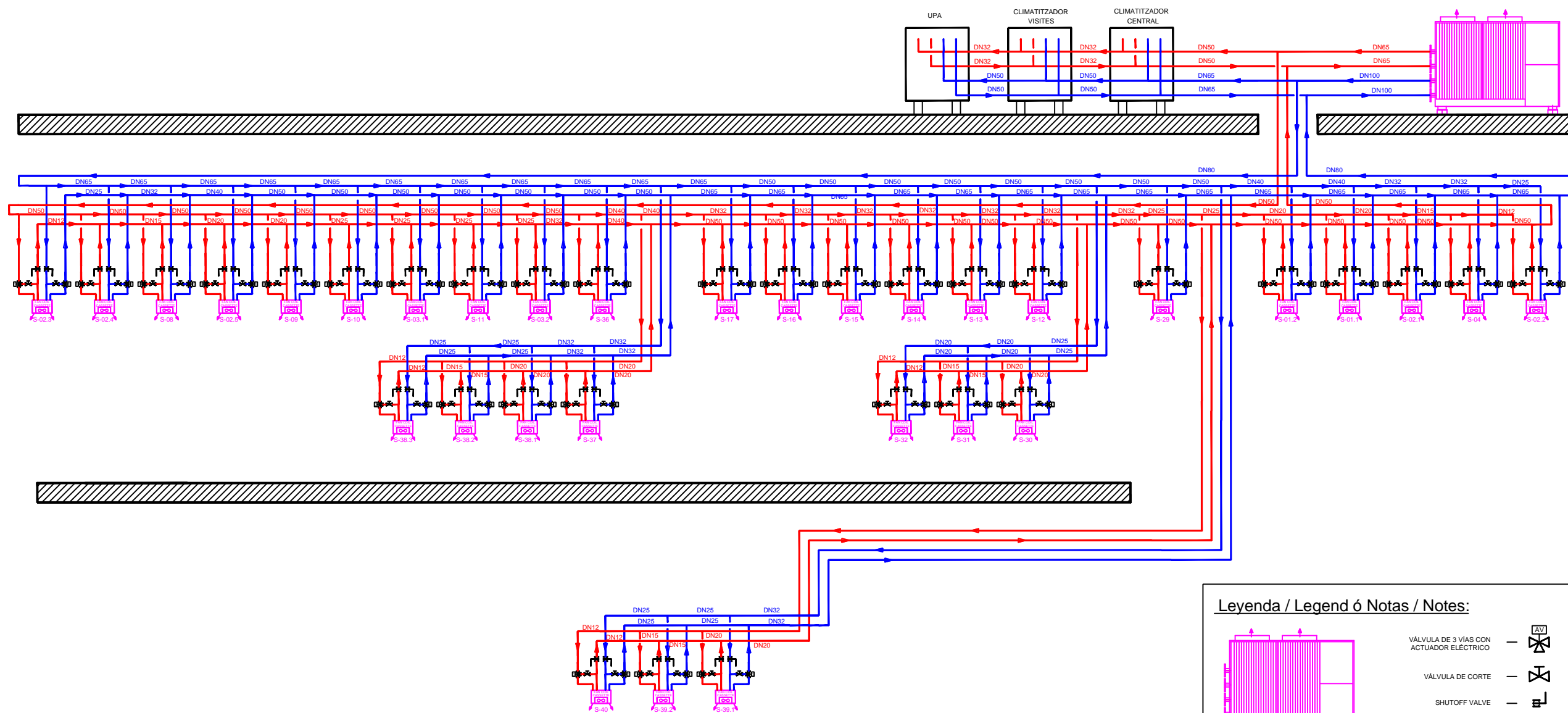
Disenyat:	Joel Brugués Valledépaz	ESCALA		1:300	
Dibuixat:	05/05/2014	LOCALITAT:	PROVINCIA:	PAÍS:	
Revisat:		Sant Fruitós de Bages	Barcelona	Espanya	
Denominació del plànol:					
Plànol 1: Distribució de sales de la planta baixa					
Projecte:					
TREBALL FI DE GRAU					
<div><div></div><div><div>Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa</div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div></div></div>					



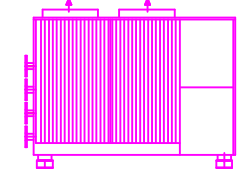



Disenyat:	Joel Brugués Valledpaz	ESCALA 1:200		
Dibuixat:	05/05/2014	LOCALITAT:	PROVINCIA:	PAÍS:
Revisat:		Sant Fruitós de Bages	Barcelona	Espanya
Denominació del plànol:				
Plànol 3: Distribució de canonades d'aigua al terrat				
Projecte:				
TREBALL FI DE GRAU				
<div><div></div><div></div><div>Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div></div>				
<div></div>				








Leyenda / Legend ó Notas / Notes:





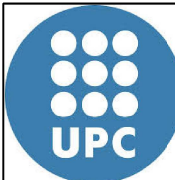
VÁLVULA DE 3 VÍAS CON ACTUADOR ELÉCTRICO — 

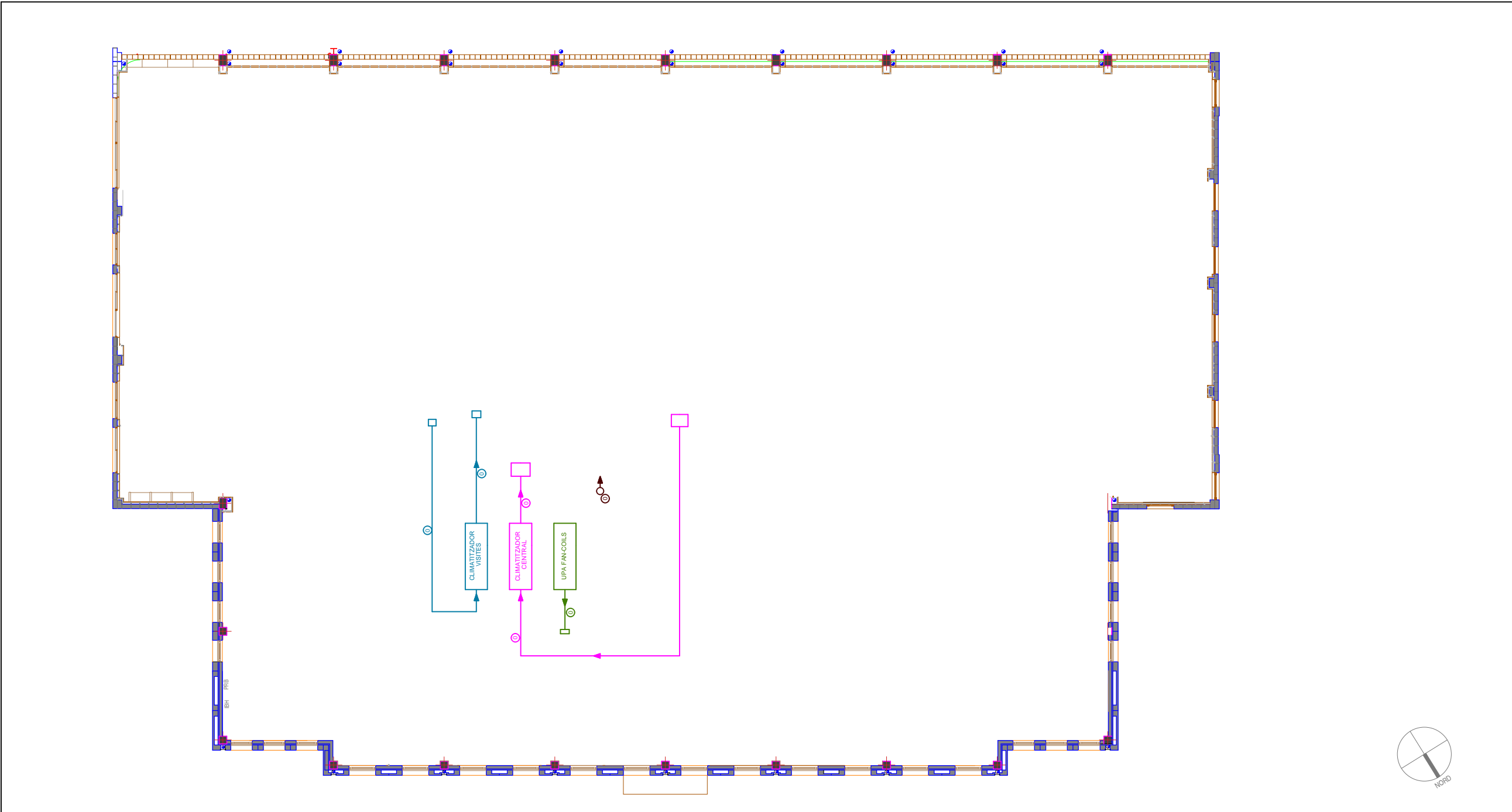
VÁLVULA DE CORTE — 


SHUTOFF VALVE — 

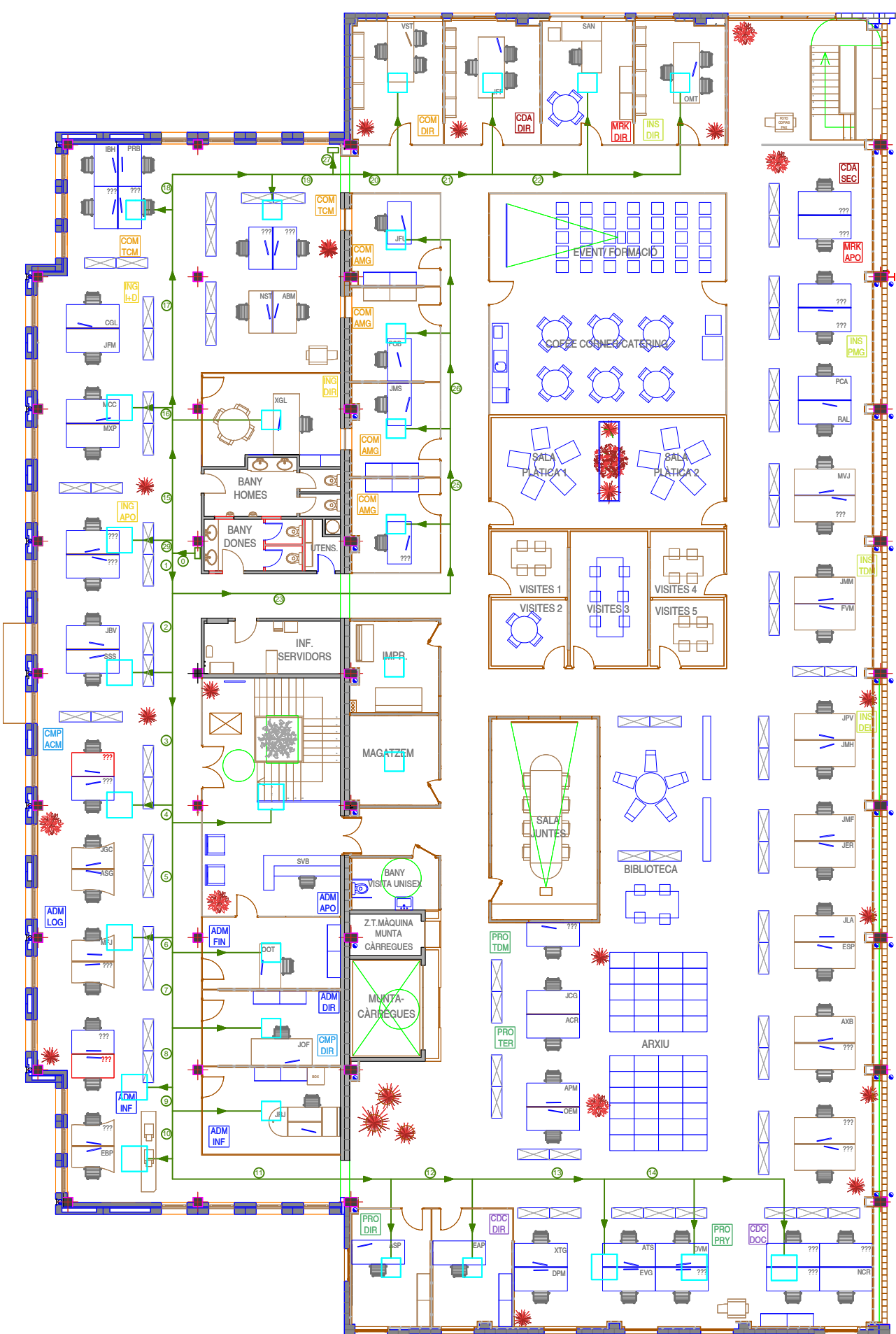
FAN-COIL CASSET — 



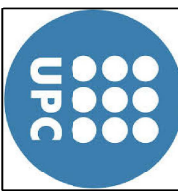
ARREFREDADORA

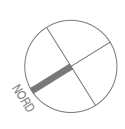
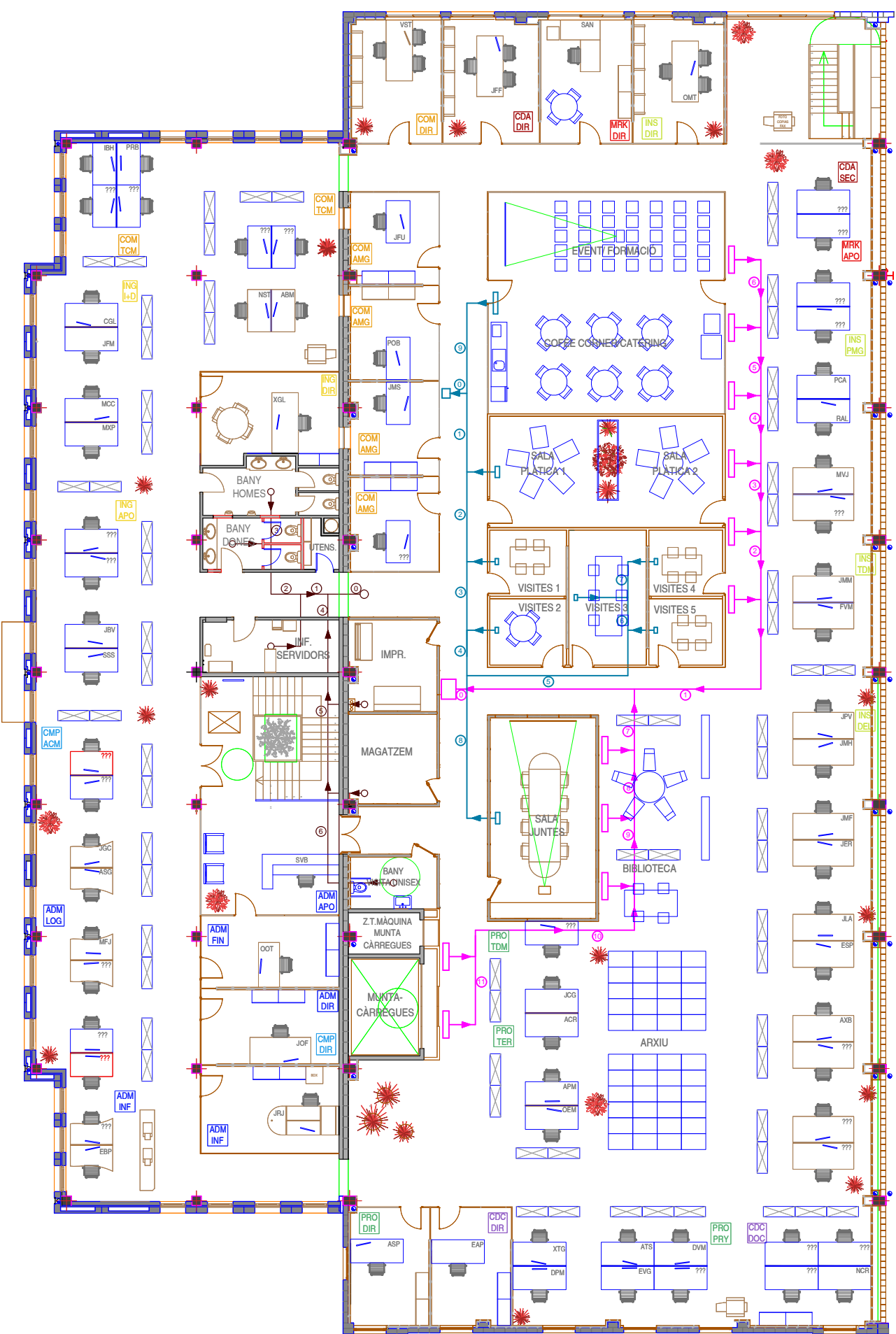
Disenyat:	Joel Brugués Valledepaz	ESCALA		
Dibuixat:	05/05/2014	LOCALITAT:	PROVINCIA:	PAÍS:
Revisat:		Sant Fruitós de Bages	Barcelona	Espanya
Denominació del plànol:				
Plànol 6: Esquema de principi canonades aigua				
Projecte:				
TREBALL FI DE GRAU				
<div style="display: flex; align-items: center;">   <div style="margin-left: 10px;"> <p>Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa</p> <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</p> </div> </div>				
				


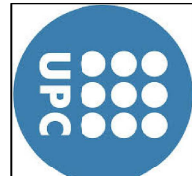


Disenyat:	Joel Brugués Valledapaz	ESCALA 1:200		
Dibuixat:	05/05/2014	LOCALITAT:	PROVINCIA:	PAÍS:
Revisat:		Sant Fruitós de Bages	Barcelona	Espanya
Denominació del plànol:				
Plànol 7: Distribució conductes impulsió i retorn de l'aire al terrat				
Projecte:				
TREBALL FI DE GRAU				
<div><div> </div><div>Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa</div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div></div>				
<div></div>				

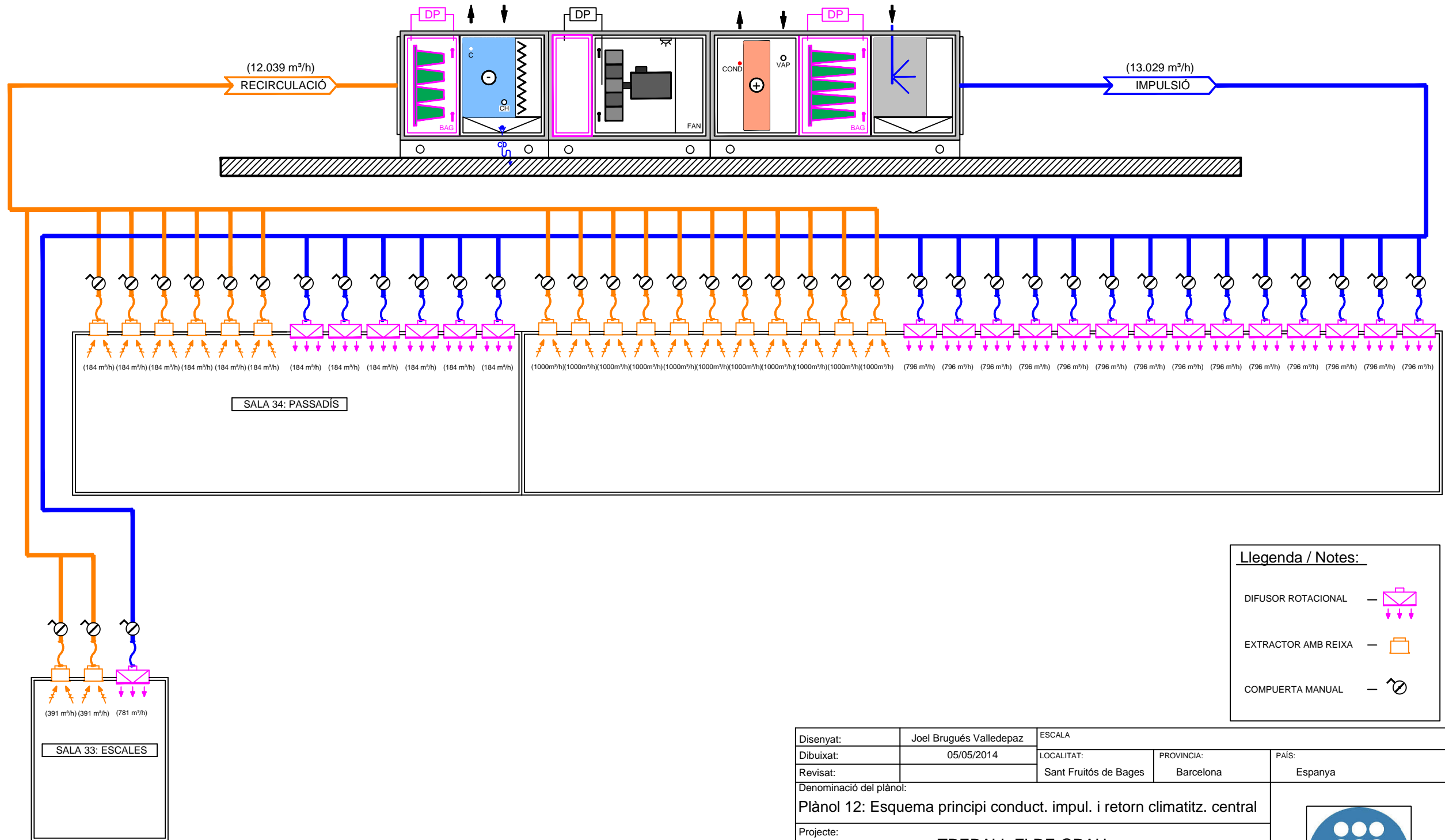





Disenyat:	Joel Brugués Valledapaz			ESCALA	1:200	PAIS: Espanya
Dibuixat:	05/05/2014			LOCALITAT:		
Revisat:				Sant Fruits de Bages	PROVINCIA: Barcelona	
Denominació del plànol:						
Plànol 8: Distribució conductes d'aire dels fan-coils 1ª planta						
Projecte:						
TREBALL FI DE GRAU						
<div><div><div><div>Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa</div></div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div></div></div>						



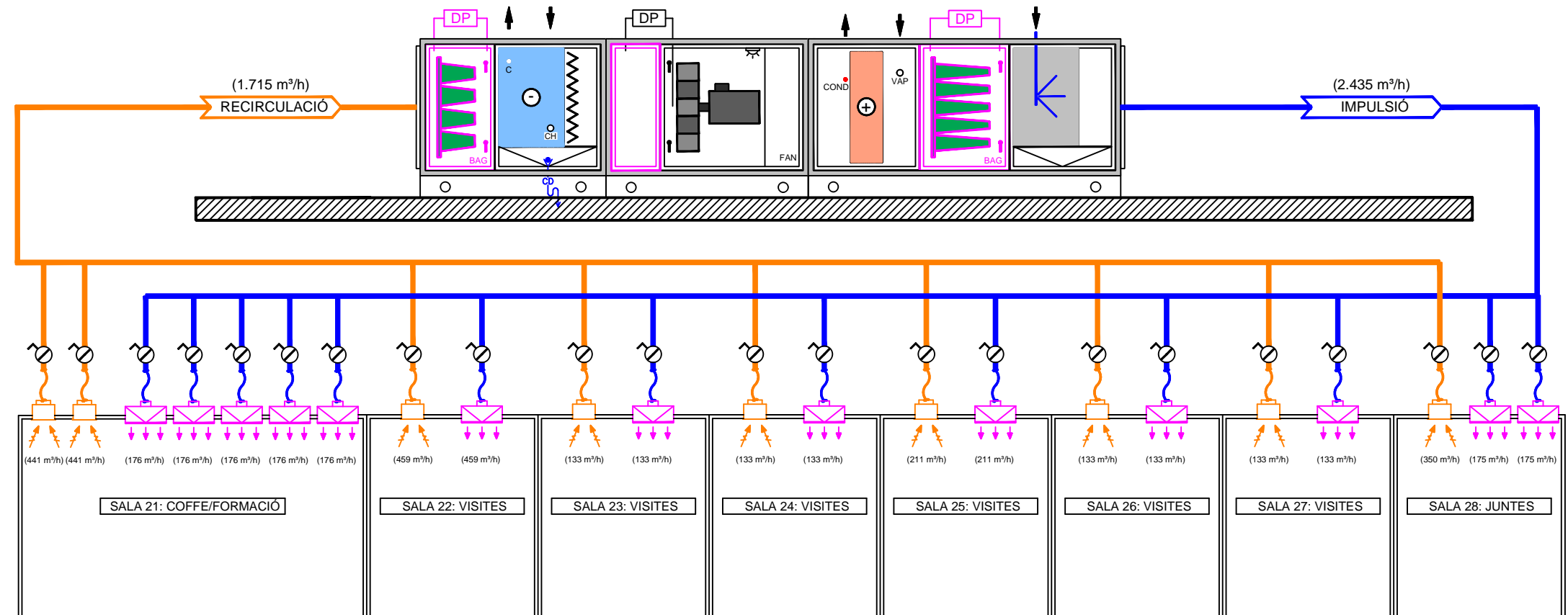
Disenyat:	Joel Brugués Valledapaz	ESCALA	1:200
Dibuixat:	05/05/2014	LOCALITAT:	PROVINCIA:
Revisat:		Sant Fruitós de Bages	Barcelona
Denominació del plànol:			
Plànol 11: Distribució conductes retorn i extracció de l'aire 1ª planta			
Projecte:			
TREBALL FI DE GRAU			
 Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa			
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA		PAIS:	
		Espanya	

CLIMATITZADOR CENTRAL



Disenyat:	Joel Brugués Valledopez	ESCALA		
Dibuixat:	05/05/2014	LOCALITAT:	PROVINCIA:	PAÍS:
Revisat:		Sant Fruitós de Bages	Barcelona	Espanya
Denominació del plànol:				
Plànol 12: Esquema principi conduct. impul. i retorn climatitz. central				
Projecte:				
TREBALL FI DE GRAU				
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">   <div style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 10px; text-align: center;"> <p>Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa</p> </div> </div> <p style="text-align: center; color: #0070C0;">UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</p>				
				

CLIMATITZADOR VISITES



Llegenda / Notes:

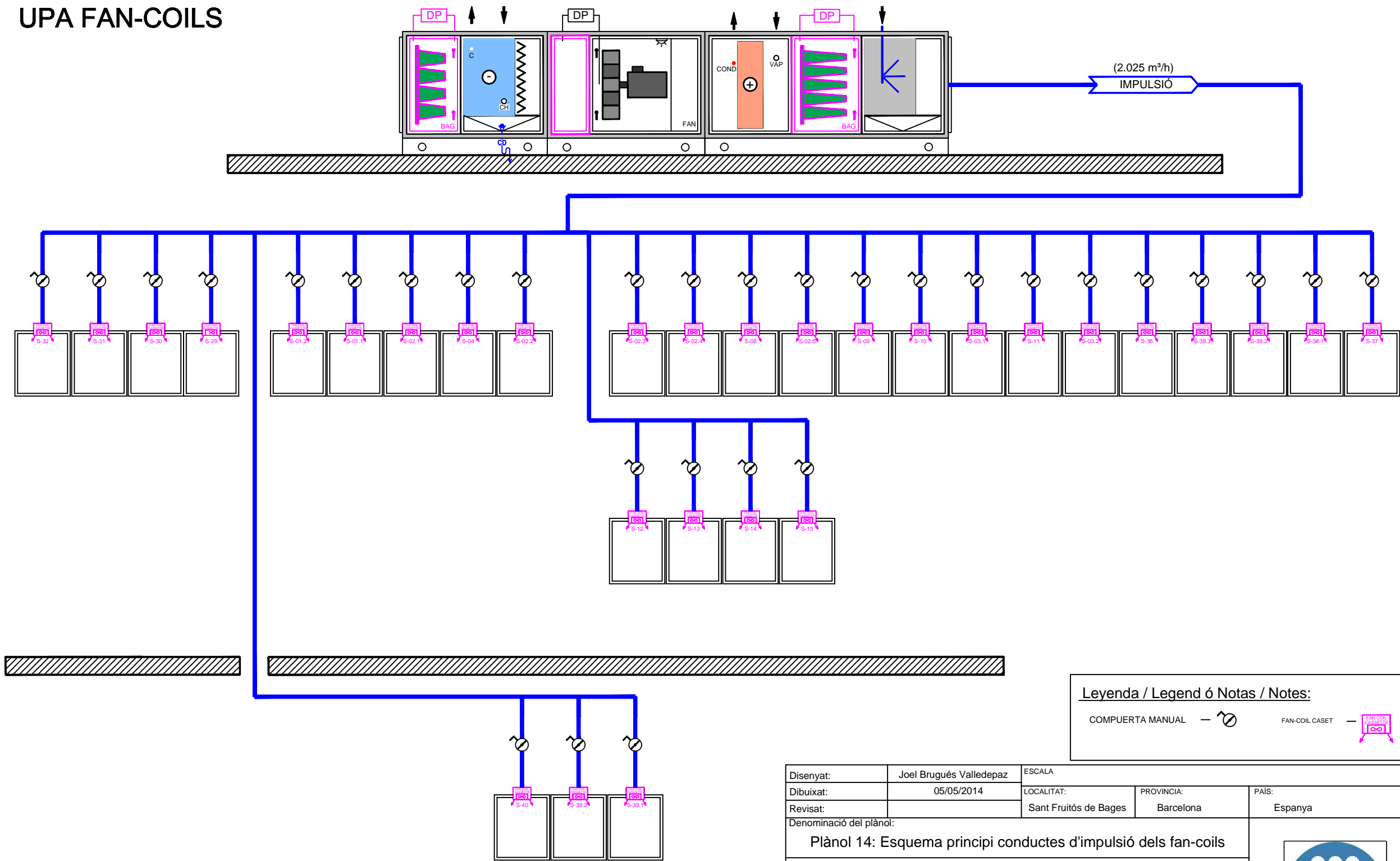
DIFUSOR ROTACIONAL —

EXTRACTOR AMB REIXA —



COMPUERTA MANUAL —



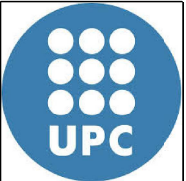
Disenyat:	Joel Brugués Valledapaz	ESCALA		
Dibuixat:	05/05/2014	LOCALITAT:	PROVINCIA:	PAÍS:
Revisat:		Sant Fruitós de Bages	Barcelona	Espanya
Denominació del plànol:				
Plànol 13: Esquema principi conduct. impulsio i retorn climatitz. visites				
Projecte:				
TREBALL FI DE GRAU				
<div><div></div><div></div><div>Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div></div>				
<div></div>				

UPA FAN-COILS



Leyenda / Legend ó Notas / Notes:

COMPUERTA MANUAL —  FAN-COIL CASET — 

Disenyat:	Joel Brugués Valledapaz	ESCALA		
Dibuixat:	05/05/2014	LOCALITAT:	PROVINCIA:	PAÍS:
Revisat:		Sant Fruitós de Bages	Barcelona	Espanya
Denominació del plànol:				
Plànol 14: Esquema principi conductes d'impulsió dels fan-coils				
Projecte:				
TREBALL FI DE GRAU				
<div><div></div><div></div><div>Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div></div>				
				

10- ANNEXES

Annex 1: RITE (condicions de comfort interior)

Per al disseny del present projecte s'han hagut de complir una sèrie de paràmetres marcats pel Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en Edificis (RITE). A continuació es mostren alguns des apartats utilitzats d'aquesta normativa:

*REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por
el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones
Térmicas en los Edificios.*

PARTE II. INSTRUCCIONES TÉCNICAS

IT 1. Diseño y dimensionado.

IT 1.1 Exigencia de bienestar e higiene.

IT 1.1.1 Ámbito de aplicación.

IT 1.1.2 Procedimiento de verificación.

IT 1.1.3 Documentación justificativa.

IT 1.1.4 Caracterización y cuantificación de las exigencias.

IT 1.1.4.1 Exigencia de calidad térmica del ambiente.

IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior.

IT 1.1.4.3 Exigencia de higiene.

IT 1.1.4.4 Exigencia de calidad del ambiente acústico.

IT 1.2 Exigencia de eficiencia energética.

IT 1.2.1 Ámbito de aplicación.

IT 1.2.2 Procedimiento de verificación.

IT 1.2.3 Documentación justificativa.

IT 1.2.4. Caracterización y cuantificación de la exigencia.

IT 1.2.4.1 Generación de calor y frío.

IT 1.2.4.2 Redes de tuberías y conductos.

IT 1.2.4.3 Control.

IT 1.2.4.4 Contabilización de consumos.

IT 1.2.4.5 Recuperación de energía.

IT 1.2.4.6 Aprovechamiento de energías renovables.

IT 1.2.4.7 Limitación de la utilización de energía convencional.

IT 1.3 Exigencia de seguridad.

IT 1.3.1 Ámbito de aplicación.

IT 1.3.2 Procedimiento de verificación.

IT 1.3.3 Documentación justificativa.

IT 1.3.4 Caracterización y cuantificación de la exigencia.

IT 1.3.4.1 Generación de calor y frío.

IT 1.3.4.2 Redes de tuberías y conductos.

Annex 2: Reglament d'instal·lacions de calefacció, climatització i aigua sanitària. (Apartat: IT.IC.05.6 - Normes generals de càlcul)

Per al dimensionament de les canonades d'aigua i els conductes d'aire del sistema estudiat en el present projecte, s'han utilitzat una sèrie de directrius marcades pel "Reglament d'instal·lacions de calefacció, climatització i aigua sanitària". A continuació es mostren els punts de l'apartat utilitzat:

*REAL DECRETO 1618/1990, de 4 de julio, por
el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones
de Calefacción y Climatización y Agua caliente sanitaria
con el fin de racionalizar el consumo.*

IT.IC.05.6 Cálculo de tuberías de agua

Las tuberías se calcularán de forma que la pérdida de carga en tramos rectos sea inferior a 40 mm cda/m, sin sobrepasar 2 m/s en tramos que discurran por locales habitados, y de 3 m/s en tuberías enterradas o en galerías. No se considerarán como galerías las cámaras en las que puedan situarse las tuberías en el edificio.

El dimensionado y la disposición de las tuberías se realizará de forma que la diferencia entre los valores extramos de la presión diferencial en la acometida de los distintos aparatos alimentados por una misma bomba, no sea superior al 15 % del valor medio de los mismos. Cuando la energía térmica transportada sea igual o superior a 500 kW, se recomienda que el Factor de Transporte para cada tipo de circuito sea igual o superior a los valores de la Tabla 5.1.

Tabla 5.1

Tipo de circuito	Factor de Transporte mínimo
a) Circuitos de baterías de agua refrigerada	150
b) Circuitos de baterías recorridas por agua caliente	700
c) Circuitos de ventiloconvectores o inductores: - Agua fría - Agua caliente	80 100
d) Circuitos de calefacción con agua caliente en el interior de edificios: - Sistema Bitubular - Sistema Monotubular	850 250

IT.IC.05.7 Cálculo de conductos

El cálculo de los conductos de aire se realizará por cualquiera de los métodos usuales, teniendo en cuenta las exigencias que limitan el Factor de Transporte según la IT-IC.04 y sin que se sobrepasen en los locales climatizados los niveles de presión sonora especificados en la IT-IC.02

05.8 Cálculo de las unidades terminales de aire

Las unidades terminales de aire, rejillas, ventiloconvectores, difusores, etc. se calcularán de forma que no se sobrepase en los locales el nivel de presión sonora especificado en la IT-IC.02, ni que la velocidad del aire en las zonas de ocupación sea superior a los valores indicados en la misma Instrucción Técnica.

Annex 3: Directiva 96/62/CE sobre la gestió de la qualitat de l'aire

A continuació es mostra un petit extracte d'aquesta directiva marcada per la unió europea:

*DIRECTIVA 96/62/CE DEL CONSEJO de 27 de septiembre de 1996 sobre evaluación
y gestión de la calidad del aire ambiente
EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,*

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea y, en particular, el apartado 1 del artículo 130 S,
Vista la propuesta de la Comisión (1),

Visto el dictamen del Comité Económico y Social (2),

De conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 189 C del Tratado (3),

Considerando que el quinto Programa de acción de 1992 sobre el medio ambiente, cuyo planteamiento general fue aprobado por el Consejo y los representantes de los Gobiernos de los Estados miembros en su Resolución 93/C 138/01 de 1 de febrero de 1993 (4) contempla modificaciones de la legislación actual sobre contaminantes atmosféricos; que este programa recomienda la definición de objetivos a largo plazo de calidad del aire;

Considerando que, para proteger el medio ambiente en su totalidad así como la salud humana, deben evitarse, prevenirse o reducirse las concentraciones de contaminantes atmosféricos nocivos y establecerse valores límite o umbrales de alerta para los niveles de contaminación del aire ambiente;

Considerando que, para tener en cuenta los mecanismos específicos de formación de ozono es posible que se hayan de complementar o sustituir estos valores límite y umbrales de alerta por valores objetivo;

Considerando que los valores numéricos de los valores límite, los umbrales de alerta, y, respecto al ozono, los valores objetivo, los valores límite o los umbrales de alerta deben basarse en los resultados del trabajo realizado por grupos científicos internacionales que se ocupen de esta materia;

Considerando que la Comisión debe realizar estudios para analizar los efectos de la acción combinada de varios contaminantes o fuentes de contaminación, y el efecto del clima en la actividad de los distintos contaminantes estudiados en el contexto de la presente Directiva;

Considerando que la calidad del aire ambiente debe evaluarse en relación con valores límite o umbrales de alerta, y, respecto al ozono, con valores objetivo o valores límite, teniendo en cuenta al tamaño de las poblaciones y de los ecosistemas expuestos a la contaminación atmosférica, así como el medio ambiente;

Annex 4: Reial Decret 102/2011 referent a la millora de la qualitat de l'aire

A continuació es mostra un petit paràgraf explicatiu de la norma així com els punts que tracta.

Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

“La Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire, también conocida como Directiva Marco, modificó la normativa sobre esta materia existente anteriormente en el ámbito comunitario, adoptando un planteamiento general sobre la propia evaluación de la calidad del aire, fijando criterios para el uso y la exactitud en las técnicas de evaluación, así como la definición de unos objetivos de calidad que habían de alcanzarse mediante una planificación adecuada.”

CAPÍTULOS DE LA NORMA

CAPÍTULO I: Disposiciones generales

CAPÍTULO II: Evaluación de la calidad del aire

CAPÍTULO III: Gestión de la calidad del aire

CAPÍTULO IV: Planes de calidad del aire

CAPÍTULO V: Intercambio de información

CAPÍTULO VI: Régimen sancionador

Annex 5: Taula de temperatures de Barcelona (ASHRAE Fundamentals 2013)

Meaning of acronyms:				Lat: Latitude, °				Long: Longitude, °				Elev: Elevation, m														
DB: Dry bulb temperature, °C				WB: Wet bulb temperature, °C				DP: Dew point temperature, °C				HR: Humidity ratio, g of moisture per kg of dry air														
MCWB: Mean coincident wet bulb temperature, °C				MCDB: Mean coincident dry bulb temperature, °C				HDD and CDD 18.3: Annual heating and cooling degree-days, base 18.3°C, °C-day				HDD / CDD 18.3														
Station	Lat	Long	Elev	Heating DB		Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB				Dehumidification DP/HR/MCDB				Extreme Annual WS			Heat/Cool. Degree-Days			
				99.6%	99%	0.4% / MCWB	1% / MCWB	2% / MCWB	WB / MCDB	WB / MCDB	WB / MCDB	DP / HR / MCDB	DP / HR / MCDB	DP / HR / MCDB	1%	1.5%	5%	HDD / CDD 18.3	HDD / CDD 18.3							
PRETORIA (IRENE)	25.92S	28.22E	1523	2.6	3.9	30.6	15.9	29.5	16.1	28.4	16.2	20.1	25.8	19.6	25.1	18.4	16.0	21.9	18.0	15.6	21.4	8.7	7.4	6.5	784	494
PRETORIA-EENDRACHT	25.73S	28.18E	1326	2.9	4.1	32.2	17.5	31.0	17.3	30.0	17.4	21.0	27.0	20.4	26.4	19.4	16.7	22.7	18.9	16.1	22.5	5.5	4.7	4.0	582	865
Spain																										
ALICANTE/EL ALTET	38.28N	0.55W	31	3.5	4.8	32.7	21.5	31.2	21.9	30.2	22.0	25.5	28.6	24.7	28.3	24.5	19.5	27.2	23.8	18.7	27.0	10.2	8.9	7.8	891	874
BARCELONA/AEROPUERT	41.28N	2.07E	6	1.2	2.5	30.2	23.6	29.2	23.4	28.3	22.9	25.4	28.7	24.6	28.0	24.2	19.1	27.8	23.2	18.0	27.1	9.8	8.4	7.4	1355	603
BILBAO/SONDICA	43.30N	2.90W	39	-0.2	1.0	32.1	20.8	29.6	20.0	27.5	19.3	22.7	28.4	21.7	26.6	21.1	15.9	24.2	20.1	14.9	23.1	9.9	8.3	7.2	1529	351
LAS PALMAS DE GRAN	27.93N	15.38W	47	13.5	14.1	30.2	20.3	28.5	20.4	27.2	20.7	24.4	26.6	23.6	25.9	23.8	18.7	25.9	22.8	17.7	25.3	14.6	13.8	13.0	69	1058
MADRID/BARAJAS RS	40.45N	3.55W	582	-4.0	-2.7	36.3	19.1	35.1	18.8	33.8	18.4	21.5	33.8	20.4	32.1	17.1	13.1	26.2	16.0	12.2	25.5	9.6	8.3	7.3	1993	635
MADRID/TORREJON	40.48N	3.45W	611	-4.6	-3.1	36.2	19.9	35.0	19.3	33.7	18.6	21.8	34.3	20.7	32.4	17.1	13.1	28.1	16.1	12.3	26.4	9.5	8.2	7.1	2114	582
MALAGA/AEROPUERTO	36.67N	4.48W	7	4.0	5.3	35.0	20.3	32.9	20.2	30.9	20.0	24.0	28.1	23.4	27.5	22.8	17.6	26.3	22.0	16.7	26.1	10.4	9.2	8.1	823	856
MURCIA	38.00N	1.17W	62	2.4	3.9	35.9	21.6	34.6	21.5	33.3	21.4	24.6	30.9	23.9	29.9	23.0	17.9	26.6	22.2	17.0	26.3	8.0	6.9	6.0	899	1092
PALMA DE MALLORCA/S	39.55N	2.73E	7	0.1	1.5	33.0	22.9	31.8	22.9	30.3	22.8	25.8	29.4	25.0	28.9	24.8	19.9	28.0	23.9	18.8	27.6	10.3	8.9	7.9	1289	692
SEVILLA/SAN PABLO	37.42N	5.90W	31	1.9	3.2	39.8	23.6	38.0	22.4	36.2	21.8	25.1	36.3	23.9	34.4	22.1	16.8	28.4	21.1	15.8	26.9	9.0	7.8	6.9	858	1196
VALENCIA/AEROPUERTO	39.50N	0.47W	62	0.9	2.2	33.1	21.2	31.8	21.7	30.5	21.8	24.9	29.3	24.2	28.5	23.6	18.5	27.5	22.9	17.8	27.2	10.8	9.2	7.8	1102	806
VALLADOLID	41.65N	4.77W	735	-3.9	-2.7	34.3	18.2	32.7	17.9	31.0	17.4	19.6	30.8	18.8	29.8	16.1	12.5	22.4	15.2	11.8	21.4	8.2	6.9	5.8	2398	363
ZARAGOZA (USAFB)	41.67N	1.05W	263	-2.2	-0.9	36.1	20.7	34.0	20.4	32.2	20.0	22.4	32.1	21.6	31.0	19.2	14.5	25.3	18.8	14.1	25.2	12.5	10.8	9.6	1741	667
ZARAGOZA/AEROPUERTO	41.67N	1.00W	258	-2.8	-1.1	36.2	21.4	34.8	20.9	32.9	20.3	22.8	33.1	21.9	31.4	19.9	15.1	25.9	18.9	14.2	25.4	13.3	11.9	10.6	1721	702
Sri Lanka																										
KATUNAYAKE	7.17N	79.88E	9	20.9	21.9	33.1	24.8	32.4	25.2	32.0	25.4	27.7	30.8	27.3	30.6	26.8	22.5	30.1	26.2	21.7	29.6	8.6	8.0	7.3	0	3406
Sweden																										
GOTEBORG	57.72N	12.00E	2	-12.1	-9.5	26.9	18.1	25.4	17.5	23.6	16.8	19.7	24.3	18.7	23.0	18.0	12.9	21.9	17.1	12.2	20.7	8.4	7.2	6.3	3634	63
GOTEBORG/LANDVETTER	57.67N	12.28E	155	-13.2	-10.7	26.0	16.7	24.2	16.1	22.4	15.3	18.4	22.9	17.4	21.8	16.9	12.3	20.0	15.9	11.5	18.6	11.1	9.9	8.8	4149	31
GOTEBORG/SAVE	57.78N	11.88E	16	-14.0	-11.0	25.8	17.7	24.1	17.1	22.2	16.3	19.5	23.0	18.5	22.0	18.2	13.1	20.8	17.1	12.3	19.8	11.2	9.9	8.8	3991	24
STOCKHOLM/BROMMA	59.37N	17.90E	14	-16.1	-12.9	27.0	17.8	25.1	16.9	23.4	16.2	19.4	24.0	18.4	22.7	17.9	12.8	20.9	16.8	12.0	20.2	8.9	7.8	7.0	4232	51
Switzerland																										
LAEGERE	47.48N	8.40E	843	-10.7	-8.8	26.1	17.8	24.5	17.2	23.0	16.6	19.3	23.3	18.2	22.6	18.0	14.3	21.2	16.7	13.2	20.0	12.0	10.4	9.2	3882	73
ZUERICH-FLUNTER	47.38N	8.57E	569	-8.4	-6.6	28.8	19.1	27.1	18.5	25.5	17.8	20.0	26.7	19.3	25.4	17.8	13.6	22.3	17.1	13.1	21.4	8.8	7.2	5.8	3256	143
ZURICH-KLOTEN	47.48N	8.53E	432	-9.2	-7.0	30.0	19.9	28.2	19.1	26.5	18.5	20.7	27.8	19.9	26.5	18.2	13.8	23.1	17.6	13.3	22.3	8.3	6.9	5.8	3262	134
Syrian Arab Republic																										
ALEPPO INT. AEROPOR	36.18N	37.20E	384	-2.0	-0.6	39.1	20.1	37.8	19.8	36.2	19.7	22.9	32.9	22.2	32.1	19.9	15.3	27.4	19.1	14.6	26.9	10.5	9.4	8.4	1494	1378
DAMASCUS INT. AIRPO	33.42N	36.52E	609	-3.7	-1.9	39.3	18.5	38.0	18.2	36.8	18.1	21.2	30.6	20.5	29.9	19.1	14.9	23.1	18.2	14.1	22.7	12.3	10.7	9.6	1472	1134
DARAA	32.60N	36.10E	543	0.9	2.4	36.2	19.4	34.7	19.5	33.3	19.5	22.8	31.0	22.1	29.8	20.6	16.4	25.1	20.0	15.7	24.7	8.8	7.4	6.3	1147	1076
HAMA	35.12N	36.75E	303	-1.4	0.2	39.2	20.8	37.7	20.5	36.4	20.1	23.1	34.0	22.2	33.4	19.6	14.9	28.6	18.6	14.0	27.6	7.2	5.7	4.7	1300	1399
LATTAKIA	35.53N	35.77E	7	4.0	5.4	33.0	22.0	31.7	23.3	30.9	24.0	26.4	30.2	26.0	29.8	25.2	20.4	29.5	24.7	19.7	29.1	9.9	8.1	6.7	724	1187
Taiwan																										
CHIANG KAI SHEK	25.08N	121.22E	33	9.0	10.1	34.3	26.9	33.8	26.9	33.0	26.8	28.5	32.1	27.9	31.6	27.3	23.2	30.5	27.0	22.8	30.2	13.0	11.8	10.9	271	1908
CHILUNG	25.15N	121.80E	3	10.2	11.3	33.9	26.1	33.0	26.0	32.2	26.0	27.2	31.2	26.9	31.0	26.3	21.8	29.4	25.9	21.2	29.3	9.1	7.8	6.9	247	1836

Annex 6: Formules per al càlcul de carregues (ASHRAE Fundamentals 1981)

- Càrregues de fred:

Air-Conditioning Cooling Load

26.3

Table 1 Procedure for Calculating Space Design Cooling Load—Summary of Load Sources and Equations

Load Source	Equation	Reference, Table, Description
External		
Roof	$q = U \times A \times CLTD$	Chapter 23—Design Heat Transfer Coefficients—Tables 3 and 4 Area Calculated from Architectural Plans Table 5—Cooling Load Temperature Difference at Base Conditions for Roofs Note 2—Correction for Color of Exterior Surface Note 2—Correction for Outside Dry Bulb Temperature and Daily Range Note 2—Correction for Inside Dry Bulb Temperature Note 2—Application for Latitude and Month—Table 9
Walls	$q = U \times A \times CLTD$	Chapter 23—Design Heat Transfer Coefficients—Tables 3 and 4 Area Calculated from Architectural Plans Table 6—Wall Construction Group Description Table 7—Cooling Load Temperature Difference at Base Conditions for Wall Group Note 2—Correction for Color of Exterior Surface Note 2—Correction for Outside Dry Bulb Temperature and Daily Range Note 2—Correction for Inside Dry Bulb Temperature Note 2—Application for Latitude and Month—Table 9
Glass		
Conduction	$q = U \times A \times CLTD$	Chapter 23 or Chapter 27—Type of Glass and Interior Shading if Used Area—Net Glass Area Calculated from Plans Table 10—Cooling Load Temperature Difference for Conduction Load Through Glass Note 1—Correction for Outside Dry Bulb Temperature and Daily Range Note 1—Correction for Inside Dry Bulb Temperature
Solar	$q = A \times SC \times SHGP \times CLF$	Area—Net Glass Area Calculated from Plans Chapter 27—Tables 28, and 33 to 36—Shading Coefficients for Combination of Type of Glass and Type of Shading Table 11—Maximum Solar Heat Gain Factor for Specific Orientation of Surface, Latitude and Month Table 13—Cooling Load Factor with No Interior Shading Table 14—Cooling Load Factor if Interior Shading is Used Note 1—For Glass Areas Shaded Externally See Table 12
Partitions, Ceilings, Floors	$q = U \times A \times TD$	Chapter 23—Design Heat Transfer Coefficients—Tables 3 and 4 Area Calculated from Architectural Plans Design Temperature Difference
Internal Lights	$q = INPUT \times CLF$	Input Rating from Electrical Plans or Lighting Fixture Data Tables 15 & 16—Coefficients "a" and classification "b" for Type of Fixture, Installation, Air Supply and Return, and Room Furnishings and Construction Table 17—Cooling Load Factor Based on Total Hours of Operation and Time Note 1—Correction for Schedule of Operation of Cooling System
People		
Sensible	$q_s = No. \times Sens. H.G. \times CLF$	Number of People in Space Table 18 or Chapter 8—Sensible Heat Gain from Occupants Table 19—Cooling Load Factor for People—Based on Duration of Occupancy and Time from Entry Note 1—Correction for Density of Occupants and/or Space Temperature. CLF = 1.0 if there is variable space temperature and/or high people density
Latent	$q_l = No. \times Lat. H.G.$	Table 19 or Chapter 8—Latent Heat Gain from Occupants
Appliances		
Sensible	$q_s = HEAT GAIN \times CLF$	Tables 20 and 21—Recommended Rate of Heat Gain—Sensible Heat Table 22—For Use with Hood Table 23—For Use without Hood
Latent	$q_l = HEAT GAIN$	Tables 20 & 21—Recommended Rate of Heat Gain—Latent Heat (Without Hood) Set Equal to Zero When Hood is Used Over Appliances
Lower	$q = HEAT GAIN \times CLF$	Eq 20, 21, or 22 using Tables 24 and 25 or Manufacturer's Data Table 23 or CLF = 1.0 if cooling system is not operated continuously
Ventilation & Infiltration Air		
Sensible	$q_s = 1.232 \times L/s \times \Delta T$ (1.10 × CFM × ΔT)	Ventilation and Infiltration Air, Standard L/s (CFM) Inside-Outside Air Temperature Difference, °C (deg F)
Latent	$q_l = 3012 \times L/s \times \Delta W$ (4840 × CFM × ΔW)	Inside-Outside Air Humidity Ratio Difference, kg H ₂ O/kg Dry Air (lb H ₂ O/lb Dry Air)
Total	$q_t = 4.334 \times L/s \times \Delta h$ (4.5 × CFM × Δh)	Inside-Outside Air Enthalpy Difference, kJ/kg of Dry Air (Btu/lb of Dry Air)

- Càrregues de calor:

25.2		CHAPTER 25	1981 Fundamentals Handbook
Table 1 Summary of Loads, Equations, and References for Calculating Design Heating Loads			
Heating Load	Equation	Reference, Table, Description	
Roofs, ceilings, walls, glass	$q = U \times A \times TD$	Chapter 23, Tables 3 and 4	Temperature difference between inside and outside design dry bulbs, Chapter 24. For temperatures in unheated spaces, see Eq 1; for attic temperatures, see Eq 2
			Area calculated from plans
Walls below grade	$q = U \times A \times TD$	See Table 3	Use Fig. 4 to assist in determining TD
Floors			
Above grade	$q = U \times A \times TD$	For crawl space temperatures, see Eq 4	
On grade	$q = F_2 \times P$	See Table 5	Perimeter of Slab
Below grade	$q = U \times A \times TD$	Use Fig. 4 to assist in determining TD	See Table 4
Infiltration and ventilation air			
Sensible	$q_s = 1200 \dot{V} \times \Delta t$ ($q_s = 0.018 \dot{V} \times \Delta t$)	Volume of outdoor air entering building. See Chapter 22 for estimating methods for infiltration	(Customary units)
Latent	$q_l = 2808 \dot{V} \times \Delta W$ ($q_l = 79.5 \dot{V} \times \Delta W$)	Humidity ratio difference	(Customary units)

Annex 7: Informe resum programa HAP 4.8 de Carrier

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jun 1300 COOLING OA DB / WB 32,5 °C / 27,8 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB -3,0 °C / -4,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	152 m²	24132	-	152 m²	-	-
Wall Transmission	291 m²	1159	-	291 m²	3627	-
Roof Transmission	1237 m²	19463	-	1237 m²	15463	-
Window Transmission	117 m²	2243	-	117 m²	7870	-
Skylight Transmission	35 m²	268	-	35 m²	940	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	1374 m²	4100	-	1374 m²	5957	-
Partitions	89 m²	354	-	89 m²	284	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	23360 W	18398	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	12030 W	10898	-	0	0	-
People	85	4495	5107	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	1000	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	4325	255	10%	3414	0
>> Total Zone Loads	-	90835	5362	-	37555	0
Zone Conditioning	-	100893	5362	-	36165	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Exhaust Fan Load	1063 L/s	0	-	1063 L/s	0	-
Ventilation Load	1063 L/s	9428	38120	1063 L/s	30646	7631
Ventilation Fan Load	1063 L/s	0	-	1063 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	110321	43482	-	66811	7631
Cooling Coil	-	15594	23694	-	0	0
Heating Coil	-	0	-	-	22419	-
Terminal Unit Cooling	-	94719	19871	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	44392	-
Humidification Load	-	-	0	-	-	7631
>> Total Conditioning	-	110313	43565	-	66811	7631
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Annex 8: Fitxa tècnica cassetts Carrier 2T i 4T

Datos físicos y eléctricos

Modelo		42GWC 004 42GWE 004	42GWC 008 42GWE 008	42GWC 010 42GWE 010	42GWC 012 42GWE 012	42GWC 016 42GWE 016
Capacidad frigorífica total	kW	2,4	4,0	4,7	5,9	8,3
Capacidad frigorífica sensible	kW	2,3	3,3	3,9	4,8	5,8
Caudal de agua (refrigeración)	l/s	0,11	0,19	0,22	0,28	0,40
Pérdida de carga de agua (refrigeración)	kPa	9	12	20	19	15,1
Capacidad calorífica	kW	3,8	5,5	6,6	8,5	9,7
Calentadores eléctricos (modelos 42GWE)	kW	1,5	2,5	2,5	3,0	3,0
Caudal de aire (bajo-medio-alto)	l/s	100/125/184	86/136/194	131/167/236	150/203/283	147/242/338
Nivel de presión sonora (b/m/a)***	dB(A)	24/29/40	23/34/43	33/41/49	25/31/40	29/40/47
Nivel de potencia sonora (b/m/a)	dB(A)	33/38/49	32/43/52	42/50/58	34/40/49	38/49/56
Potencia absorbida	W	70	85	95	85	120
Corriente absorbida	A	0,24	0,30	0,40	0,35	0,48
Peso de la unidad	kg	19	20	20	41	43
Peso de la rejilla	kg	2,5	2,5	2,5	5,0	5,0
Alimentación eléctrica**	V-I-Hz	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50

Modelo		42GWC 020 42GWE 020	42GWD 004	42GWD 008	42GWD 010	42GWD 020
Capacidad frigorífica total	kW	11,0	1,9	3,4	4,0	9,8
Capacidad frigorífica sensible	kW	8,2	1,7	2,9	3,4	7,3
Caudal de agua (refrigeración)	l/s	0,53	0,09	0,16	0,19	0,43
Pérdida de carga de agua (refrigeración)	kPa	25	10,8	12	19,7	30
Capacidad calorífica	kW	14,4	1,9	4,8	4,6	9,0
Calentadores eléctricos (modelos 42GWE)	kW	3,0	-	-	-	-
Caudal de aire (bajo-medio-alto)	l/s	178/315/468	100/125/184	86/136/194	131/167/236	178/315/468
Nivel de presión sonora (b/m/a)***	dB(A)	33/46/54	24/29/40	23/34/43	33/41/49	33/46/54
Nivel de potencia sonora (b/m/a)	dB(A)	42/55/63	33/38/49	32/43/52	42/50/58	42/55/63
Potencia absorbida	W	200	70	85	95	200
Corriente absorbida	A	0,63	0,24	0,30	0,40	0,63
Peso de la unidad	kg	46	19	20	20	46
Peso de la rejilla	kg	5,0	2,5	2,5	2,5	5,0
Alimentación eléctrica**	V-I-Hz	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50

Los datos anteriores corresponden a las condiciones Eurovent.

Condiciones de refrigeración: temperatura seca del aire 27°C/temperatura húmeda 19°C, temperatura de entrada y salida del agua con el ventilador en alta velocidad 7°C/12°C.

Condiciones de calefacción (con 2 tuberías): temperatura del aire 20°C, temperatura de entrada del agua 50°C, mismo caudal de agua que en refrigeración con el ventilador en alta velocidad.

Condiciones de calefacción (con 4 tuberías): temperatura del aire 20°C, temperatura de entrada y salida del agua con el ventilador en alta velocidad 70°C/60°C.

* Los valores de caudal de aire son para unidades con filtros. No son válidos para unidades conectables a conductos.

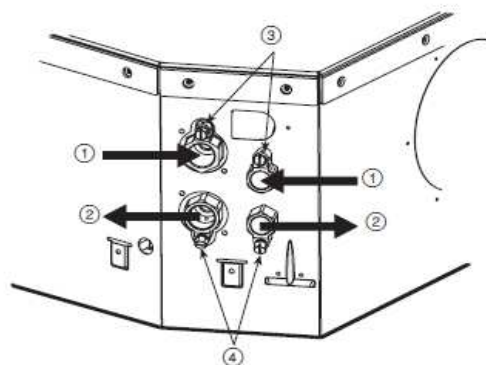
** Los motores eléctricos son de tipo hermético de 3 velocidades, con condensadores permanentes. Son adecuados para climas tropicales.

*** Los niveles de presión sonora se refieren a una unidad instalada en el techo y medidos en una habitación de 100 m³ con un tiempo de reverberación de 0,5 segundos.



Conexiones de agua

- ① – Entrada de agua
- ② – Salida de agua
- ③ – Válvula de purga de aire
- ④ – Válvula de drenaje

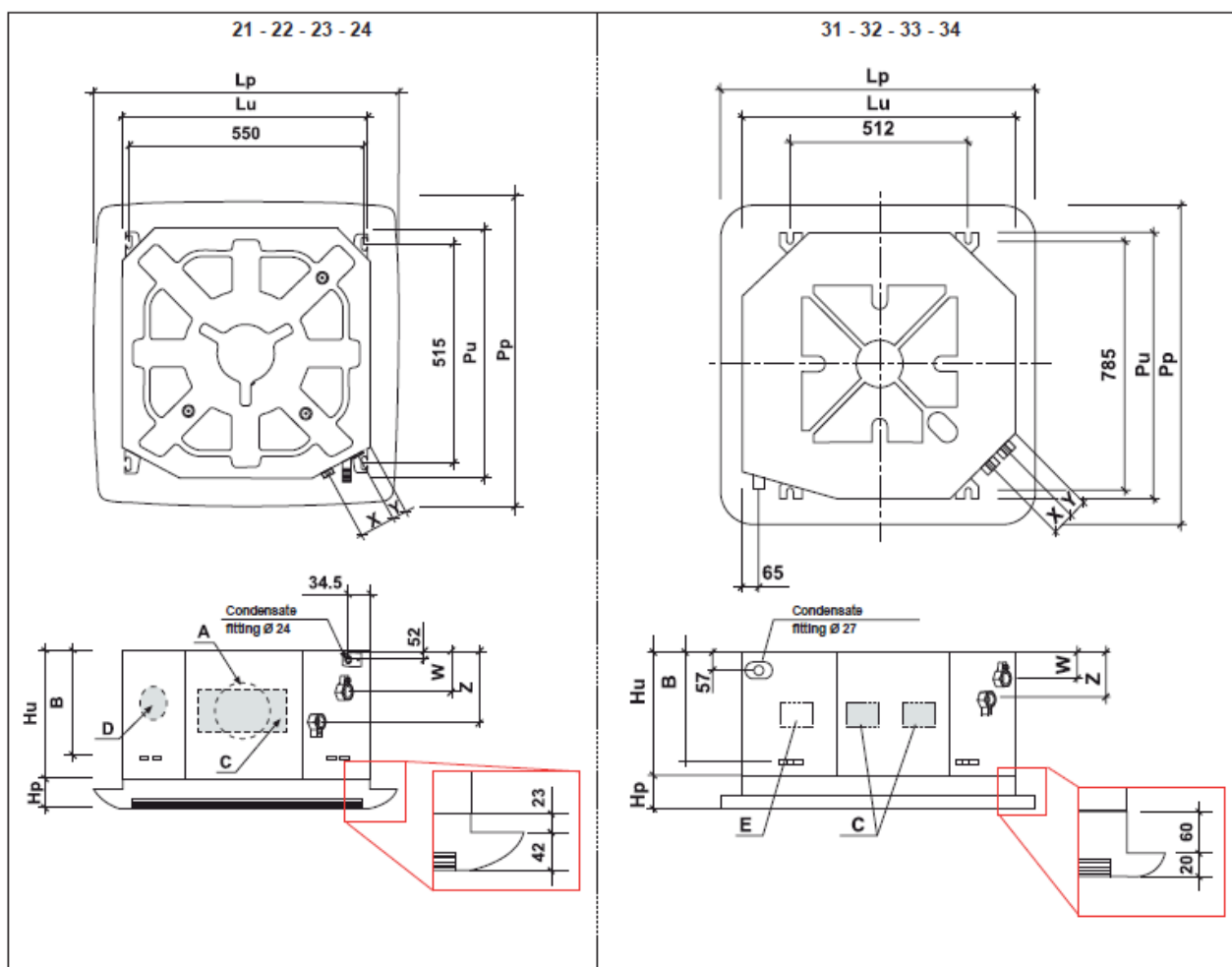


42GW	Diámetro de conexión pulg.	Diámetro de la conexión de drenaje pulg.
004	3/4	1
008	3/4	1
008*	1/2	1
010	3/4	1
010*	1/2	1
012	1	1
016	1	1
020	1	1
020*	3/4	1

* Circuitos de agua caliente de cuatro tubos

Annex 9: Fitxa tècnica cassetts Systemair 2T i 4T

GENERAL DIMENSIONS FOR 2 PIPE WATER CASSETTES



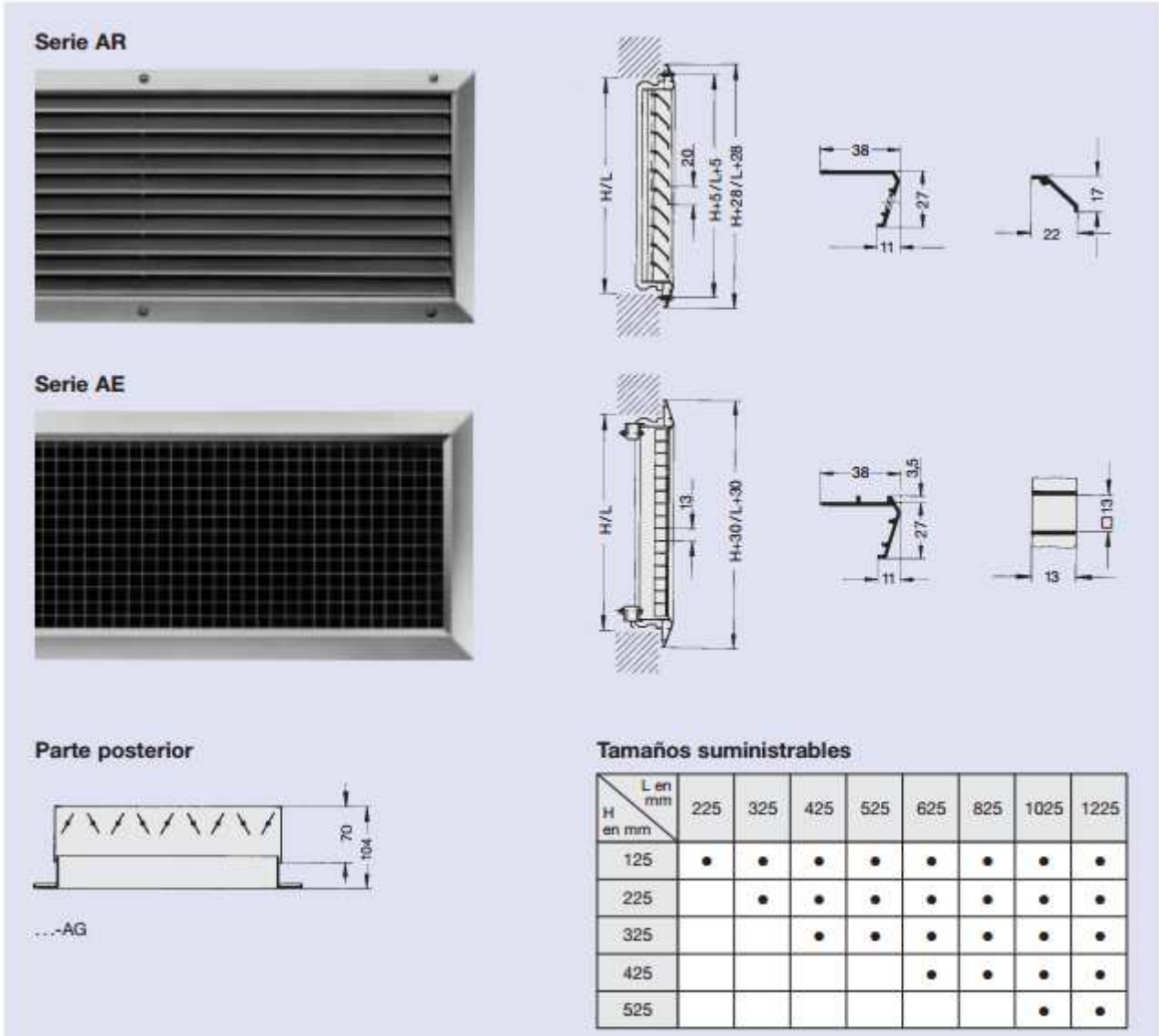
MOD.			21	22	23	24	31	32	33	34
General features	Fans number	n°	1	1	1	1	1	1	1	1
	Coil numbers	n°	1	1	1	1	1	1	1	1
	Rows number	n°	1	2	2	2	1	2	2	2
	Hydraulic fitting (Ø female gas)	Ø	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	1"	1"	1"
	Depth of the unit (Lu)	mm	580	580	580	580	835	835	835	835
	Length of the unit (Pu)	mm	580	580	580	580	835	835	835	835
	Height of the unit (Hu)	mm	280	280	280	280	240	305	305	305
	Depth of the panel (Lp)	mm	720	720	720	720	953	953	953	953
	Length of the panel (Pp)	mm	720	720	720	720	953	953	953	953
	Height of the panel (Hp)	mm	65	65	65	65	80	80	80	80
	Air supply in adjacent room (Ø)	A	mm	150	150	150	-	-	-	-
	Air supply in adjacent room (BxH)	C	mm	350x100	350x100	350x100	350x100	120x80	120x80	120x80
	Fresh air intake (Ø)	D	mm	65	65	65	65	-	-	-
	Fresh air intake (BxH)	E	mm	-	-	-	-	120x80	120x80	120x80
	B	mm	225	225	225	225	180	325	325	325
	X	mm	65,5	65,5	65,5	65,5	70	73	73	73
	Y	mm	55,5	55,5	55,5	55,5	75	68	68	68
	W	mm	100	100	100	100	58	88	88	88
	Z	mm	146	146	146	146	117	160	160	160
	Net weight	kg	19,0	19,0						

Annex 10: Fitxa tècnica difusors TROX VDW

Nomenclature									
		\dot{V}	in l/s:	Supply air volume per diffuser					
		\dot{V}	in m³/h:	Supply air volume per diffuser					
		A, B	in m:	Spacing between two diffusers					
		X	in m:	Distance between diffuser centre and wall					
		H ₁	in m:	Distance between ceiling and occupied zone					
		v_{H1}	in m/s:	Time average air velocity between two diffusers at distance from ceiling H ₁					
		L	in m:	Horizontal + vertical distance (X+H ₁) discharge to the wall					
		v_L	in m/s:	Time average air velocity at wall					
		Δt_Z	in K:	Temperature difference between supply air and room air					
		Δt_L	in K:	Difference between core and room temperature at distance $L = A/2 + H_1$ or $L = B/2 + H_1$ or $L = X + H_1$					
		A _{eff}	in m²:	Effective outlet area					
		Δp_t	in Pa:	Total pressure drop (supply air)					
		L _{WA}	in dB(A):	A-weighted sound power level					
		L _{W NC}	:	NC rating of sound power level					
		L _{W NR}	:	L _{W NR} = L _{W NC} + 1					
		L _{PA} , L _{PNC}	:	A-weighting and NC rating respectively of room sound pressure level					
				L _{PA} ≈ L _{WA} - 8 dB					
				L _{PNC} ≈ L _{W NC} - 8 dB					
		ΔL	in dB/Oct.:	Relative sound power level with respect to L _{WA}					
		L _W	in dB/Oct.:	Octave band sound power level of regenerated noise L _W = L _{WA} + ΔL					

Preliminary Selection (supply air)									
Size	\dot{V}_{max}		\dot{V}_{min}		L _{WA max} dB(A)	L _{W NC max} NC	L _{WA min} dB(A)	L _{W NC min.} NC	A _{eff} m²
	l/s	m³/h	l/s	m³/h					
300 x 8	70	252	15	54	40	34	< 20	< 20	0.0070
400 x 16	110	396	30	108	40	34	< 20	< 20	0.0140
500 x 24	130	468	40	144	40	34	< 20	< 20	0.0210
600 x 24	190	684	60	216	40	34	< 20	< 20	0.0295
600 x 48	230	828	100	360	40	34	< 20	< 20	0.0390
625 x 24	190	684	60	216	40	34	< 20	< 20	0.0295
625 x 54	235	846	120	432	40	34	< 20	< 20	0.0470
825 x 72	350	1260	155	558	40	34	< 20	< 20	0.0730

Annex 11: Fitxa tècnica reixes d'extracció TROX AR



CONVERTING FROM SOUND POWER TO SOUND PRESSURE

Designers are often required to use sound power level information of a source to predict the sound pressure level at a given location. Sound pressure at a given location in a room from a source of known sound power level depends on (1) room volume, (2) room furnishings and surface treatments, (3) magnitude of sound source(s), (4) distance from sound source(s) to point of observation, and (5) directivity of source.

The classic relationship between a single-point source sound power level and room sound pressure level at some frequency is

$$L_p = L_w + 10 \log(Q/4\pi r^2 + 4/R) \quad (24)$$

where

L_p = sound pressure level, dB re 20 μ Pa

L_w = sound power level, dB re 10^{-12} W

Q = directivity of sound source (dimensionless)

r = distance from source, m

R = room constant, $S\alpha/(1-\alpha)$

S = sum of all surface areas, m^2

α = average absorption coefficient of room surfaces at given frequency, given by

$$\sum_i S_i \alpha_i / \sum_i S_i$$

where S_i is area of i th surface and α_i is absorption coefficient for i th surface.

If the source is outdoors, far from reflecting surfaces, this relationship simplifies to

$$L_p = L_w + 10 \log(Q/4\pi r^2) \quad (25)$$

This relationship does not account for atmospheric absorption, weather effects, and barriers. Note that r^2 is present because the sound pressure in a free field decreases with $1/r^2$ (the inverse-square law; see the section on Sound Transmission Paths). Each time the distance from the source is doubled, the sound pressure level decreases by 6 dB.

Annex 13: Taula amb entalpies dels 9 dia

GRAUS DIA							ESCALFAMENT		ARREFREDAMENT	
ENTALPIA	F	CDF	ENTALPIA	ACUMULAT	CORBA	ACUMULAT	kJ/h	kJ/dia	kJ/h	kJ/dia
				%	kJ	kJ	kJ	kJ	kJ	kJ
-2,8	6324798	0,027252581	-2,8	239	-185	-1529	869	36	290328	12097
-1,6	7078809	0,03433139	-1,6	301	-135	-1664	1183	49	280447	11685
-0,4	9732321	0,044063711	-0,4	386	-87	-1751	1583	66	270652	11277
0,7	11061031	0,055124742	0,7	483	14	-1737	2089	87	260962	10873
1,9	11577489	0,066702231	1,9	585	133	-1604	2710	113	251389	10475
3,1	13071929	0,07977416	3,1	699	283	-1321	3456	144	241940	10081
4,2	13167667	0,092941827	4,2	815	420	-901	4337	181	232626	9693
5,4	16254082	0,109195909	5,4	957	684	-217	5367	224	223461	9311
6,5	17775953	0,126971862	6,5	1113	929	712	6571	274	214470	8936
7,7	17767412	0,144739274	7,7	1269	1110	1821	7956	331	205661	8569
8,9	19737956	0,16447723	8,9	1442	1434	3255	9532	397	197042	8210
10,0	22788840	0,18726607	10,0	1642	1888	5143	11325	472	188640	7860
11,2	20609299	0,207875369	11,2	1822	1917	7061	13339	556	180459	7519
12,4	23667170	0,231542539	12,4	2030	2443	9504	15579	649	172504	7188
13,5	24046224	0,255588763	13,5	2240	2728	12231	18062	753	164793	6866
14,7	22657428	0,278246191	14,7	2439	2801	15032	20784	866	157319	6555
15,8	23423653	0,301669844	15,8	2644	3134	18167	23740	989	150080	6253
17,0	21633338	0,323303182	17,0	2834	3115	21282	26925	1122	143071	5961
18,2	22746617	0,346049799	18,2	3033	3508	24790	30337	1264	136288	5679
19,3	21581532	0,367631331	19,3	3223	3548	28338	33975	1416	129731	5405
20,5	18909670	0,386541001	20,5	3388	3302	31640	37820	1576	123381	5141
21,7	19707064	0,406248065	21,7	3561	3642	35281	41861	1744	117227	4884
22,8	19103952	0,425352017	22,8	3729	3725	39006	46100	1921	111271	4636
24,0	17108145	0,442460162	24,0	3879	3510	42517	50523	2105	105500	4396
25,2	17254204	0,459714366	25,2	4030	3716	46233	55122	2297	99904	4163
26,3	15797617	0,475511983	26,3	4168	3563	49796	59889	2495	94476	3937
27,5	16820424	0,492332407	27,5	4316	3966	53762	64823	2701	89215	3717
28,6	16898648	0,509231055	28,6	4464	4156	57918	69928	2914	84126	3505
29,8	15017629	0,524248684	29,8	4596	3847	61765	75196	3133	79199	3300
31,0	16829830	0,541078514	31,0	4743	4483	66248	80627	3359	74434	3101
32,1	16477786	0,5575563	32,1	4888	4557	70805	86227	3593	69840	2910
33,3	14556395	0,572112695	33,3	5015	4174	74979	91986	3833	65403	2725
34,5	16326683	0,588439378	34,5	5158	4848	79827	97901	4079	61124	2547
35,6	13701582	0,60214096	35,6	5278	4208	84035	103970	4332	56998	2375
36,8	15148044	0,617289004	36,8	5411	4807	88842	110186	4591	53019	2209
37,9	14870134	0,632159138	37,9	5542	4870	93712	116555	4856	49193	2050
39,1	14116574	0,646275712	39,1	5665	4767	98479	123072	5128	45515	1896
40,3	15247888	0,6615236	40,3	5799	5305	103784	129738	5406	41987	1749
41,4	15927576	0,677451176	41,4	5939	5704	109488	136564	5690	38617	1609
42,6	15087543	0,692538719	42,6	6071	5557	115045	143547	5981	35406	1475
43,8	16196412	0,708735131	43,8	6213	6130	121175	150690	6279	32354	1348
44,9	15611940	0,724347071	44,9	6350	6068	127243	157995	6583	29464	1228
46,1	14087653	0,738434724	46,1	6473	5619	132862	165451	6894	26726	1114
47,2	15524937	0,753959661	47,2	6609	6351	139213	173059	7211	24138	1006
48,4	14174100	0,768133761	48,4	6733	5943	145156	180818	7534	21702	904
49,6	15036407	0,783170168	49,6	6865	6458	151614	188725	7864	19415	809
50,7	15337524	0,798507692	50,7	7000	6743	158357	196788	8199	17283	720
51,9	13995916	0,812503608	51,9	7122	6296	164653	205000	8542	15300	637
53,1	14867423	0,827371031	53,1	7253	6840	171493	213359	8890	13464	561
54,2	14128172	0,841499203	54,2	7377	6644	178137	221866	9244	11776	491
55,4	12822953	0,854322156	55,4	7489	6161	184298	230510	9605	10226	426
56,6	13525671	0,867847827	56,6	7608	6636	190934	239289	9970	8809	367
57,7	11485881	0,879333708	57,7	7708	5753	196686	248195	10341	7521	313
58,9	12731611	0,892065319	58,9	7820	6506	203193	257225	10718	6355	265
60,0	11996932	0,904062251	60,0	7925	6253	209446	266380	11099	5316	222
61,2	10833214	0,914895465	61,2	8020	5757	215203	275652	11486	4393	183
62,4	11248414	0,926143879	62,4	8119	6092	221295	285037	11877	3583	149
63,5	10281052	0,936424931	63,5	8209	5673	226968	294531	12272	2882	120
64,7	8857287	0,945282218	64,7	8286	4978	231946	304123	12672	2279	95
65,9	9222344	0,954504562	65,9	8367	5277	237223	313807	13075	1769	74
67,0	8446587	0,962951149	67,0	8441	4919	242142	323581	13483	1348	56
68,2	6981750	0,969932899	68,2	8502	4137	246279	333434	13893	1006	42
69,3	6767271	0,97670017	69,3	8562	4079	250359	343357	14307	734	31
70,5	5288780	0,98198895	70,5	8608	3242	253600	353341	14723	523	22
71,7	4732062	0,986721012	71,7	8650	2949	256549	363376	15141	364	15
72,8	3787479	0,990508491	72,8	8683	2399	258948	373455	15561	248	10
74,0	2696868	0,993205359	74,0	8706	1736	260684	383567	15982	165	7
75,2	2144719	0,995350078	75,2	8725	1402	262086	393703	16404	106	4

Annex 14: Fitxa tècnica bomba de calor Climaveneta 2T








NX-N /K /0604T

Versione Software: NewELCA - Ver. 2.20.0.0

Versione report: 2.0.0.5

Versione DB: 2.42.0.0

Utente: Gómez Sergio

PRESTACIONES

REFRIGERACIÓN		
Pot. Frig.	[kW]	160,1
Pot. abs. Tot.	[kW]	56,9
EER	-	2,81
ESEER	-	3,87





CALEFACCIÓN		
Pot. Térm.	[kW]	173,5
Pot. abs. Tot.	[kW]	56,4
COP	-	3,08

CONDICIONES DE REFERENCIA					
	TA	Evap. TI	Evap. TU	Cond. TI	Cond. TU
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Refrigeración	35	12,0	7,0		
Calefacción	7,0			40,0	45,0




CARGAS PARCIALES					
Carga	[%]	100	75	50	25
Aire Exterior	[°C]	35,0	30,0	25,0	20,0
Pot. Frig.	[kW]	160,1	120,1	80,0	40,0
Pot. Abs.	[kW]	56,9	34,2	20,0	9,4
EER	-	2,81	3,51	4,01	4,27

CARGAS PARCIALES					
Carga	[%]	100	75	50	25
Aire Exterior	[°C]	7,0	7,0	7,0	7,0
P. Térm.	[kW]	173,5	130,1	86,8	43,4
Pot. Abs.	[kW]	56,4	41,8	28,7	14,8
COP	-	3,08	3,11	3,03	2,93

EVAPORADORES			
Tipo	Número	Tipo Conex.	Diam. Conex.
MULTITUBULAR	1	VICTAULIC	3"
Evap. TI	[°C]		12,0
Evap. TU	[°C]		7,0
Fluido			AGUA
Glicol			0
Suc.			0,000000
Caudal	[m³/h]		27,8
Pérdida c.	[kPa]		22,0






1 / 3

Annex 15: Fitxa tècnica bomba de calor Climaveneta 4T

NECS-Q /B 0704

Versione Software: NewELCA - Ver. 2.15.0.0
Versione report: 2.0.0.3
Versione DB: 2.20.0.0
Utente: Martin Mario

PRESTACIONES

REFRIGERACIÓN CON RECUPERACIÓN

Pot. Frig.	[kW]	172,7
Pot. abs. Tot.	[kW]	57,1
Pot. rec.	[kW]	226,3
Coefficiente Efecto Total - TER - (Pf+Pr)/Pi	-	7

REFRIGERACIÓN

Pot. Frig.	[kW]	166,2
Pot. abs. Tot.	[kW]	69,0
EER	-	2,41

CALEFACCIÓN

Pot. Térm.	[kW]	185,4
Pot. abs. Tot.	[kW]	64,9
COP	-	2,86

CONDICIONES DE REFERENCIA

	TA	Evap. TI	Evap. TU	Rec. TI	Rec. TU
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Refrigeración	35	12,0	7,0	40,0	45,0
Calefacción	7,0				

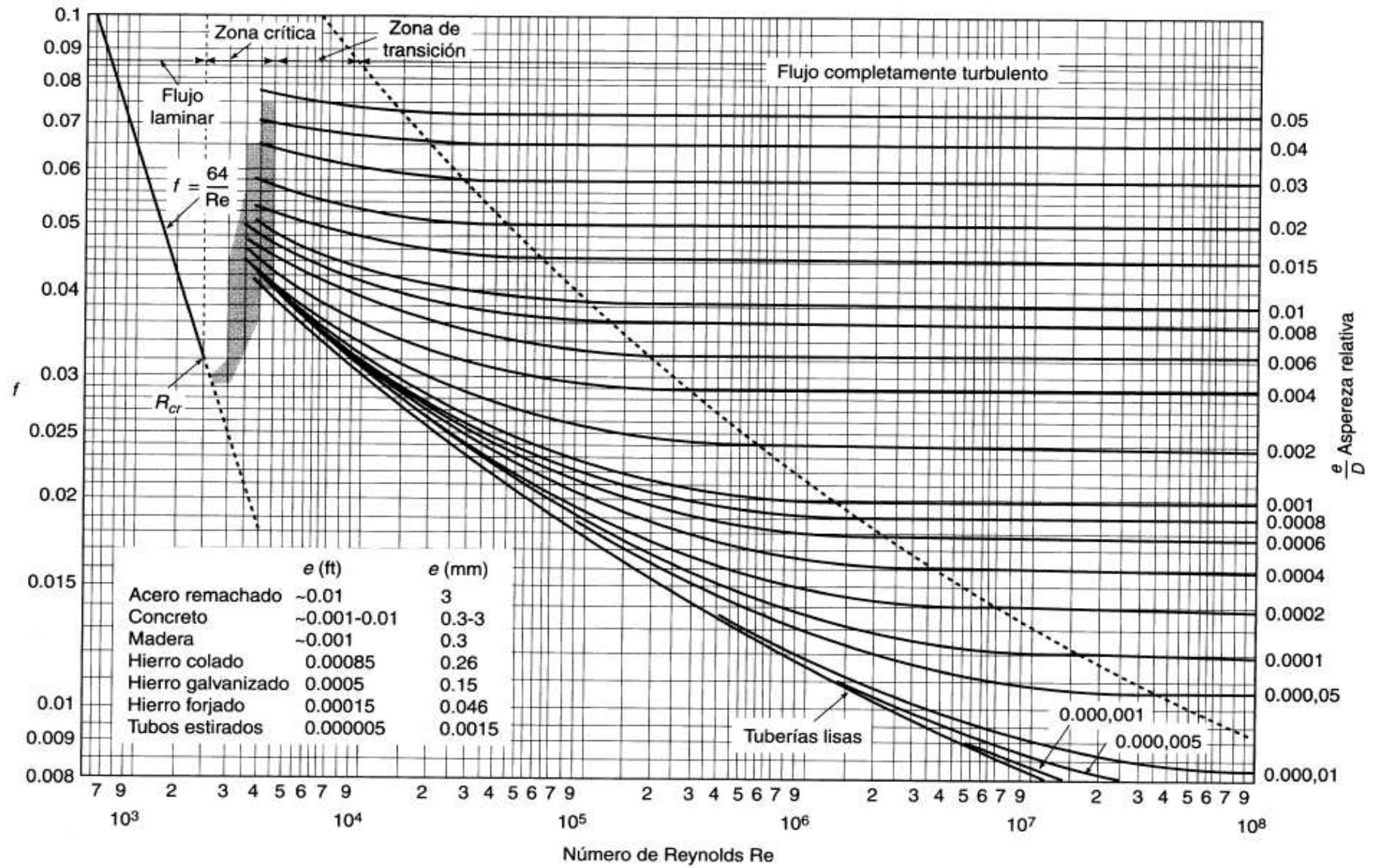
CARGAS PARCIALES

Pot. Frig.	[%]	0,0	20,0	40,0	60,0	80,0	100,0
Carga Térmica	[%]	100,0	80,0	60,0	40,0	20,0	0,0
Aire Exterior	[°C]	7,0	12,0	16,2	23,8	29,4	35,0
Pot. Frigo	[kW]	0,0	33,2	66,5	99,7	133,0	166,2
P. Térm.	[kW]	185,4	148,3	111,2	74,2	37,1	0,0
Pot. Abs.	[kW]	64,9	42,0	26,0	27,8	40,5	69,0
TER	-	2,86	4,32	6,83	6,26	4,20	2,41

EVAPORADORES

Tipo	Número	Tipo Conex.	Diam. Conex.
PLACAS	1	GAS	2"1/2
Evap. TI	[°C]		12,0
Evap. TU	[°C]		7,0
Fluido			AGUA
Glicol	[%]		0
Suc.	[m² °C/W]		0,000000
Caudal	[m³/h]		28,6
Pérdida c.	[kPa]		43,0

Annex 16: Gràfica de Moody



Annex 17: Equacions de correcció de Flamant

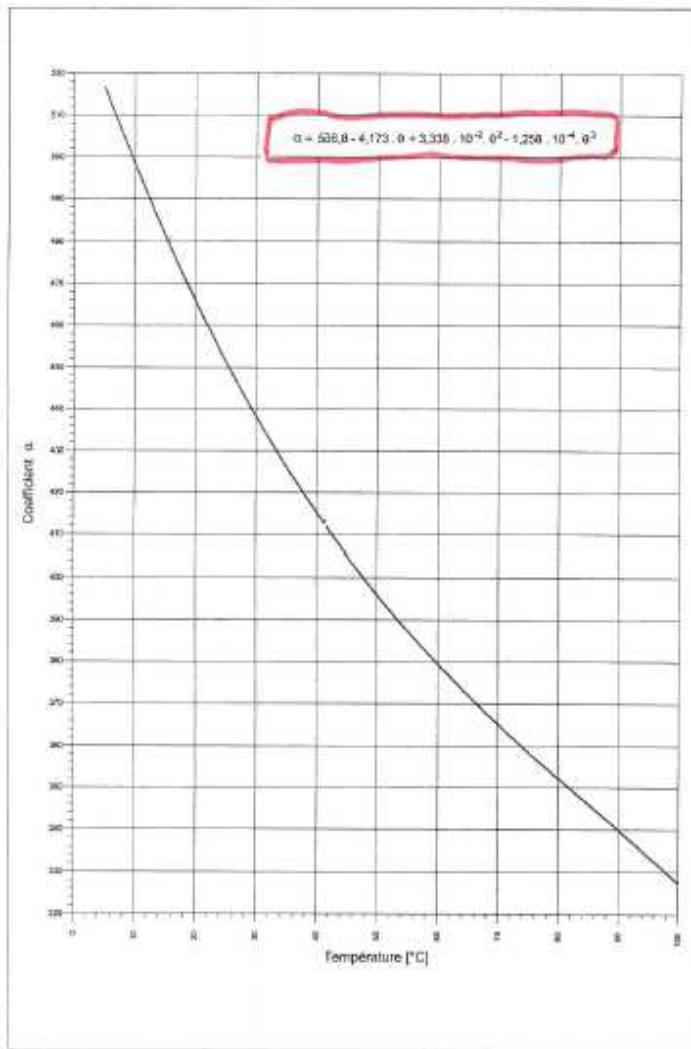


Figure 3.3.1.A. Coefficient α pour l'eau de la formule de Flamant (3 200 < Re < 100 000, tubes lisses)

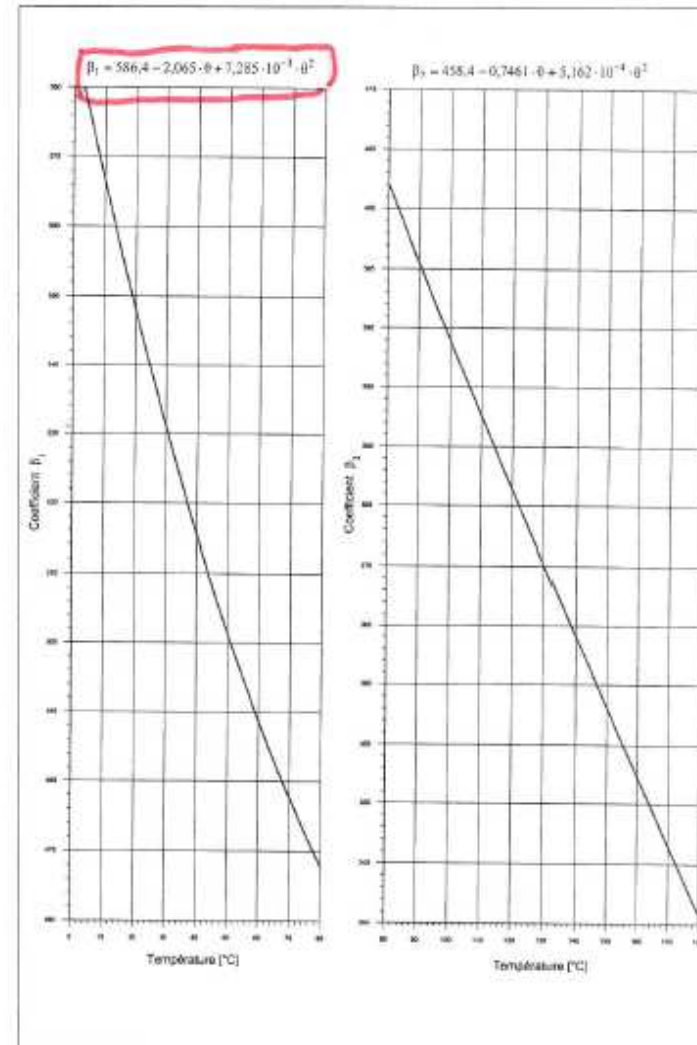


Figure 3.3.1.B. Coefficients β_1 et β_2 pour l'eau des formules de Boussicaud (régime turbulent, rugosité $\epsilon = 0,05$ [mm]).

Annex 18: Taules de càlcul per la pèrdua de càrrega dels accessoris segons ASHRAE

RECTANGULAR FITTINGS

CR3-1 Elbow, Smooth Radius, Without Vanes

C_p Values											
r/W	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00
0.50	1.53	1.38	1.29	1.18	1.06	1.00	1.00	1.06	1.12	1.16	1.18
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
1.00	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.21	0.21
1.50	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.00	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15
Angle Factor K											
θ	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
K	0.00	0.31	0.45	0.60	0.78	0.90	1.00	1.13	1.20	1.28	1.40

$C_D = KC_p$ where K = angle factor

CR3-3 Elbow, Smooth Radius, One Splitter Vane

C_p Values											
r/W	0.25	0.50	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
0.55	0.52	0.40	0.43	0.49	0.55	0.66	0.75	0.84	0.93	1.01	1.09
0.60	0.36	0.27	0.25	0.28	0.30	0.35	0.39	0.42	0.46	0.49	0.52
0.65	0.28	0.21	0.18	0.19	0.20	0.22	0.25	0.26	0.28	0.30	0.32
0.70	0.22	0.16	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21
0.75	0.18	0.13	0.11	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15
0.80	0.15	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12
0.85	0.13	0.09	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09
0.90	0.11	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07
0.95	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06
1.00	0.09	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
Angle Factor K											
θ	0	30	45	60	90						
K	0.00	0.45	0.60	0.78	1.00						

$C_D = KC_p$

$R_1 = R/CR$

where

R = throat radius

R_1 = splitter vane radius

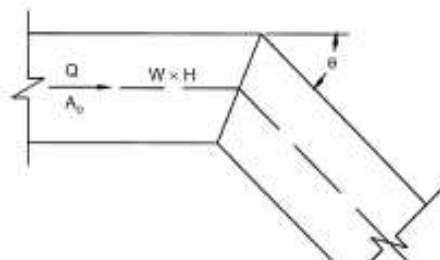
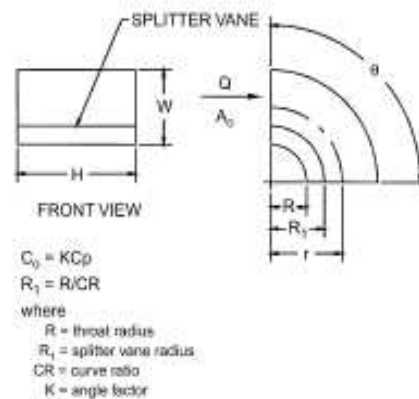
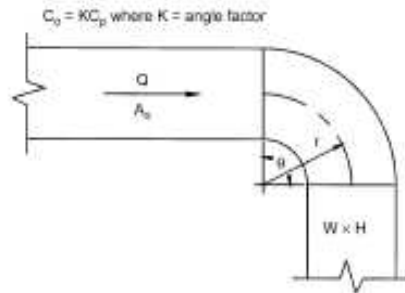
CR = curve ratio

K = angle factor

Curve Ratio CR											
r/W	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	
CR	0.218	0.302	0.361	0.408	0.447	0.480	0.509	0.535	0.557	0.577	
Throat Radius/Width Ratio (R/W)											
r/W	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	
R/W	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	

CR3-6 Elbow, Mitered

C_p Values											
θ	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00
20	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
30	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11
45	0.38	0.37	0.36	0.34	0.33	0.31	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24
60	0.60	0.59	0.57	0.55	0.52	0.49	0.46	0.43	0.41	0.39	0.38
75	0.89	0.87	0.84	0.81	0.77	0.73	0.67	0.63	0.61	0.58	0.57
90	1.30	1.27	1.23	1.18	1.13	1.07	0.98	0.92	0.89	0.85	0.83



11- BIBLIOGRAFIA

- CARRIER Air Conditioning Co. - *Handbook of air conditioning system design*. Publicada per McGraw-Hill, New York (2009)
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, INC. - *ASHRAE HANDBOOK – 1981 FUNDAMENTALS* – 1791 Tullie Circle, N.E.,Atlanta, GA 30329
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, INC. - *ASHRAE HANDBOOK – 2005 FUNDAMENTALS* – 1791 Tullie Circle, N.E.,Atlanta, GA 30329
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, INC. - *ASHRAE HANDBOOK – 013 FUNDAMENTALS* – 1791 Tullie Circle, N.E.,Atlanta, GA 30329
- Carlo Pizzeti – *Acondicionamiento del Aire y Refrgeración* – Publicat per MBH (1986)
- Universidad Tecnologica Nacional Facultad Regional Rosario , Departamento de Ingenieria Química - *Cátedra de Integración – Higrometria*.
- Ingenieros Industriales - *Cálculo de Cargas Térmicas*. - [Consulta: 20 febrer 2014]. Disponible a: http://www.ingenierosindustriales.com/wp-content/uploads/2009/04/calculo_carga_termica.pdf
- Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real – *Fórmulas para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías* – [Consulta: 15 març 2014]. Disponible a: http://www.ingenieriarural.com/Prob_hidraulica/FormulasHidraulica.pdf
- TROX TECHNIK – *Vigas Frías Activas* – (2013) – [Consulta: 4 Abril 2014]. Disponible a: www.trox.es
- CARRIER – *Unidades Fan-Coil de Cassette Hidrónicas* – [Consulta: 4 Abril 2014]. Disponible a: www.carrier.com
- L.F.Moody – *Diagrama de Moody* – Trans. ASME, vol. 66 (1944)
- Recknagel, Sprenger, Hönnmann - *Manual técnico de calefaccion y aire acondicionado* - Tomo II – Publicada por Bellisco (2000)